1 frontispice 4 ff. n.c. 431 pp.
9 pp. (dont 1 ff. d'addition et corrections

37 pl. dépliantes



CONSTRUCTION et Usages des INSTRUMENS de MATHEMATIQUE.

J. B. Scotin Sculp.

TRAITÉ
DE LA
CONSTRUCTION
ET DES PRINCIPAUX
USAGES
DES
INSTRUMENS
DE MATHEMATIQUE;

Avec les Figures necessaires pour l'intelligence de ce Traité.

DEDIÉ AU ROI.

TROISIÉME EDITION,

Revûe, corrigée & augmentée par LE Sr N. BION, *Ingenieur du Roi pour les Instrumens de Mathematique, Quai de l'Horloge du Palais, où l'on trouve tous ces Instrumens dans leur perfection.*

A PARIS,

Chez
MICHEL BRUNET, Grand'-Salle du Palais, au Mercure.
ETIENNE GANEAU, aux armes de Dombes. } Rue S. Jacques.
CLAUDE ROBUSTEL, à l'image saint Jean. } Rue S. Jacques.
CHARLES OSMONT, à l'Olivier. } Rue S. Jacques.

M. DCC XXV.

AVEC APPROBATIONS ET PRIVILEGE DU ROI.

APPROBATION.

J'Ai examiné par ordre de Monseigneur le Chancelier, un Traité *de la Construction & des principaux Usages des differens Instrumens de Mathematique*, lequel a été composé par M. NICOLAS BION, Ingenieur pour les instrumens de Mathematique : Je crois qu'il sera très-agréable & très-utile au Public, & particulierement aux Ouvriers qui y trouveront de quoi s'instruire à fond pour la Fabrique de tous les Instrumens dont on se sert dans la Pratique des differentes parties de Mathematique. A Paris à l'Observatoire Royal, le dixiéme Aout mil sept cens huit.

DE LA HIRE, *Professeur Royal de Mathematique & de l'Academie des Sciences.*

AUTRE APPROBATION.

J'Ai lû par l'ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux, un Traité *de la Construction & des principaux Usages des Instrumens de Mathematique*, il m'a paru qu'une nouvelle Edition augmentée de cet Ouvrage ne pouroit être qu'utile au Public. Fait à Paris ce 5 Juin 1725.

MAHIEU.

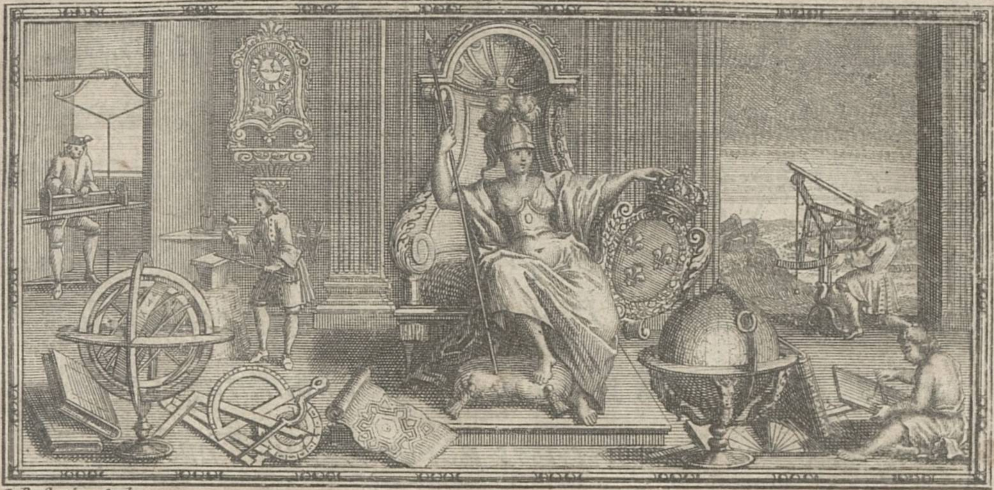
PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS par la grace de Dieu Roi de France & de Navarre : A nos amez & feaux Conseillers les gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prevôts de Paris, Baillifs, Senechaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Justiciers qu'il apartiendra, SALUT. Notre bien amé NICOLAS BION, Ingenieur & Fabricateur d'Instrumens de Mathematique, Nous a fait remontrer qu'il a dressé & fait graver des Planches propres à monter des Globes, tant Celestes que Terrestres, suivant les dernieres Observations & des Spheres, selon les differens systemes & de grosseurs differentes ; & a composé un Livre intitulé : *Usages des Globes Celestes & Terrestres & des Spheres suivant les differens systémes & de divers Instrumens de Mathematique*, accompagné d'un *Traité de Cosmographie & de Géographie, où est expliqué avec ordre tout ce qu'il y a de plus curieux dans la Description de l'Univers, suivant les Memoires & observations des plus habiles Astronomes*; comme aussi *la Construction & les Usages de divers autres Instrumens de Mathematique*; lesquelles Planches & ledit Livre il desireroit faire réimprimer & graver pour le donner au Public, d'autant qu'il ne le peut faire sans notre Permission, il nous a très-humblement fait supplier lui accorder. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter ledit Exposant, Nous lui avons permis & accordé, permettons & accordons par cesdites Presentes de faire imprimer & graver tant lesdites Planches que ledit Livre en telle forme, marge, caractere, en un ou plusieurs volumes, conjointement ou separément, & autant de fois que bon lui semblera, & de les vendre, faire vendre & debiter par tout notre Royaume pendant le tems de quinze années consecutives, à compter du jour de la date desdites Presentes. Faisons très-expresses deffenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'Impression & Gravure étrangere dans aucun lieu de notre obeïssance ; & à tous Graveurs, Imprimeurs, Libraires, Marchands & autres, d'imprimer, graver ou faire graver, & imprimer, vendre, faire vendre, debiter ni contrefaire tant lesdites Planches que ledit Livre ci-dessus expliqué en tout ni en partie, ni d'en faire aucuns extraits sous quelque pretexte que ce soit, d'augmentation, correction, changement de titre, fausses marques ou autrement, en quelque maniere que ce soit ; & à tous Marchands étrangers d'en apporter ni distribuer d'autres Impressions & Gravures, que de celles qui auront été faites du consentement de l'Exposant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation tant des Planches & des Exemplaires dudit Livre que des Ustanciles qui auront servi à ladite contre-façon, que nous entendons être saisis en quelque lieu qu'ils soient trouvez, six mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hotel-Dieu de Paris, l'autre tiers audit Exposant, & de tous dépens, dommages & interêts : à la charge que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, & ce dans trois mois de la date d'icelles ; que la gravure & l'impression, tant desdites Planches que dudit Livre sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres conformément aux Reglemens de la Librairie, & qu'avant que de l'exposer en vente, il en sera mis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & feal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur Voisin, Commandeur de nos Ordres, le tout à peine de nullité des Presentes, du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir l'Exposant ou ses ayans causes pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin dudit Livre, soit tenuë pour dûëment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez & feaux Conseillers & Secretaires, foi soit ajoûtée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent, faire pour l'execution d'icelles tous Exploits, Saisies & Actes necessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires : CAR tel est notre plaisir. DONNE' à Versailles le vingt-septiéme jour du mois de Janvier, l'an de grace mil sept cens quinze, & de notre Regne le soixante-douziéme. *Signé*, Par le Roi en son Conseil, FOUQUET.

Il est ordonné par l'Edit de Sa Majesté de 1686. & Arrêts de son Conseil, que les Livres dont l'Impression se permet par chacun des Privileges ne seront vendus que par un Libraire ou Imprimeur.

Registré sur le Registre N° 3. de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, page 919. N° 1163. conformément aux Reglemens, & notamment à l'Arrêt du 13 Aout 1703. A Paris le treiziéme Mars mil sept cens quinze. Signé, ROBUSTEL, Syndic.

De l'Imprimerie de CHARLES OSMONT, 1725.



I.B. Scotin Sculp.

AU ROI.

SIRE,

Voici le second Ouvrage que je presente à VOTRE MAJESTÉ, *& en le lui presentant, je*

pourois, comme au premier, m'autoriser respectueusement du succès qu'il a déja eu dans le Public, & des bontez particulieres dont Vous avez daigné m'honorer. Mais un plus grand motif, SIRE, *m'a porté à mettre l'un & l'autre sous les auspices de* VOTRE MAJESTÉ; *c'est l'hommage indispensable que les Sciences doivent au Thrône, & le droit naturel qu'elles ont à la protection des Rois. J'ai osé Vous annoncer,* SIRE, *que Vous sentiriez en les étudiant, combien elles peuvent servir à l'utilité publique, & la part qu'elles doivent avoir dans cette multitude de soins dont Vous êtes chargé pour le bonheur des peuples. Vous l'avez senti,* SIRE, *& qui pouroit m'en desavouer? L'ardeur dont vous les avez apprises, l'application que Vous leur donnez encor tous les jours, l'accueil obligeant dont Vous favorisez ceux qui en font profession, les bienfaits que Vous aimez à répandre sur eux; ne sont-ce pas là des preuves plus que suffisantes pour nous en assurer? Mais quels nouveaux prodiges,* SIRE, *vont naître de ce noble sentiment, & si les Sciences, par la protection qu'elles ont trouvée, ont fait un progrès si surpre-*

nant sous le regne de Votre auguste Bisaïeul, à quel degré de perfection parviendront-elles sous le Vôtre! Je suis avec le plus profond respect,

SIRE,

DE VOTRE MAJESTE',

Le très-humble, très-obéissant & très-fidele Sujet BION.

PREFACE.

LE favorable accueil qui a été fait aux deux Ouvrages que j'ai mis au jour il y a quelques années, m'a déterminé à executer le dessein que j'avois formé depuis long-tems de donner au Public la Construction & les principaux Usages des plus curieux & plus utiles Instrumens de Mathematique qui ont été inventez jusqu'à présent.

Pour garder quelque ordre dans cet Ouvrage, après avoir donné les Définitions nécessaires pour l'intelligence de ce Traité, je l'ai partagé dans cette Edition en neuf Livres, & chacun de ces Livres en plusieurs Chapitres.

Le premier Livre contient la Construction & les principaux Usages des Instrumens les plus simples & les plus ordinaires, comme sont le Compas, la Regle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur. On y trouvera plusieurs beaux traits de Compas, & la maniere de tracer sur le papier toutes sortes de Figures tant regulieres qu'irregulieres.

Le second Livre explique assez nettement, quoiqu'en peu de pages, la maniere de construire le Compas de proportion & ses principaux Usages. J'y ai joint plusieurs Méthodes de construire differentes Jauges, & les moyens de s'en servir pour jauger les Tonneaux. Le Compas de proportion avec les autres Instrumens expliquez ci-devant, compose ce qu'on nomme Etui de Mathematique.

Dans le troisiéme Livre on trouve la Construction & les Usages de plusieurs autres Instrumens curieux qui servent ordinairement dans le Cabinet. La matiere est fort diversifiée dans ce Livre, où je donne l'explication de quantité de choses, qui, comme je le crois, n'ont point encore été vûës. On y trouve la maniere d'armer les Pierres d'Aiman, & la composition de differens Microscopes, & plusieurs autres curiositez qui pourront faire plaisir aux Lecteurs.

Je donne dans le quatriéme Livre, la Construction & les Usages des principaux Instrumens qui servent en Campagne, pour arpenter les Terres, lever les Plans, mesurer les distances & les hauteurs, tant accessibles qu'inaccessibles ; comme sont les Piquets, la Toise, la Chaine, l'Equerre d'Arpenteur, les Recipiangles, les differentes Planchetes, le Quart de Cercle, le Demi-Cercle, & la Boussole.

Comme mon dessein n'est que d'instruire ceux qui commencent à apprendre ces Sciences, je n'y ai mis que les Operations les plus faciles & à la portée de tout le monde; y ayant assez d'autres Livres qui traitent ces matieres plus à fonds.

J'ai augmenté dans ce livre la Construction & les Usages de la Planchete ou Instrument universel de Mr Ozanam, & de la Planchete-quarrée moins composée. J'y ai ajouté une Planche qui marque assez bien leurs Constructions & leurs Usages, & j'ai retouché dans cette Edition plusieurs endroits qui ne me paroissoient pas suffisament expliquez; particulierement en ce qui concerne la Fortification : & j'y ai ajouté la maniere de fortifier de Mr de Vauban.

Le cinquiéme Livre contient la Construction de plusieurs differens Niveaux, comme aussi la maniere de les rectifier, & de les mettre en pratique pour la conduite des Eaux. J'y ai joint l'explication d'une espece de Jauge pour mesurer la quantité d'eau que fournit une Source, & le moyen de partager ces mêmes Eaux. J'ai ajouté à la seiziéme Planche une petite Figure d'un Niveau qui est d'une grande justesse. On trouvera aussi dans ce Livre la Construction des Instrumens d'Artillerie, & la maniere de s'en servir, tant pour les Canons & Boulets, que pour les Mortiers & les Bombes; ce qui est dit à ce sujet est assez de pratique, quoiqu'en abregé. J'ai ajouté à la Planche dix-septiéme la Figure d'un Instrument d'Artillerie qui est très-utile, & j'en donne la Construction & l'Usage dans le discours.

Le sixiéme Livre renferme la Construction & les Usages des plus beaux & des plus utiles Instrumens qui servent à l'Astronomie; & comme il y a quantité d'Observations à faire, Mr de la Hire m'a fourni beaucoup de lumieres là-dessus. J'ai pris dans ses Tables Astronomiques la meilleure partie de ce qui est contenu dans ce Livre. Il y a aussi plusieurs choses de Mr Cassini : l'exactitude admirable que ces grands Hommes apportent pour observer les Astres, y est expliquée le mieux qu'il m'a été possible, pour donner une idée generale de l'Astronomie. J'ai augmenté ce Livre d'un Chapitre où je donne la Construction & Usage d'un Instrument & de toutes les pieces qui en dependent, nommé Octans, & de quelques autres Instrumens servant à l'Astronomie; comme d'un Micrometre, & de la Machine Parallactique pour observer les Astres, en plein jour; diverses Méthodes de décrire la Ligne Meridienne, & de placer un Gnomon, pour trouver l'instant où le centre du Soleil passe au Meridien; un Cercle horisontal sur lequel on éleve un Quart de Cercle vertical, pour observer la hauteur des Astres sur l'Horison, & leurs distances au Zenith. Mr Cassini a bien voulu me communiquer ce

que j'ai augmenté dans ce Livre ; le reste est de Mr de la Hire, & de Mr de Lisle le cadet. J'ai fait graver une Planche nouvelle où ces Instrumens sont assez bien representez. J'ai aussi augmenté le discours pour la Construction de la Pendule à grandes vibrations, pour les Observations Astronomiques.

On trouve dans le septiéme Livre la Construction & les Usages de plusieurs Instrumens propres à la Navigation. Après l'explication des Boussoles Marines, & des Instrumens pour observer sur Mer la hauteur des Astres, j'explique ce qui appartient au Quartier de Reduction ; comme aussi la maniere de dresser & de se servir des Cartes reduites. Ce Livre a été fort augmenté dans cette Edition, principalement de plusieurs Tables qui ont raport à cette matiere & aux autres repandues dans ce Traité. On y trouvera une Planche nouvelle qui representera ce qui manquoit dans les autres Planches.

Le huitiéme Livre explique assez amplement la Construction & les Usages des Cadrans Solaires, aussi-bien que des Cadrans à la Lune & aux Etoiles. On y trouve aussi la Construction d'une Horloge Elementaire ou Pendule à l'eau, d'un Cadran qui marque le nom des Vents qui souflent, & d'un Anemomètre pour connoître la force du Vent. J'ai retouché dans ce Livre plusieurs endroits qui avoient besoin d'être mieux expliquez & plus au long, & j'y ai donné de nouvelles Méthodes de Cadrans qui n'étoient pas aux Editions précédentes.

J'ai augmenté cette Edition d'un neuviéme Livre où je donne la Construction & les Usages de plusieurs Instrumens de Mathematique, de Physique & d'autres Machines differentes, qui ont raport à ce Traité. Quoique la matiere soit un peu diversifiée dans ce Livre, je croi qu'il ne plaira pas moins que les autres. On y traite entre autres matieres, des Machines Hydrauliques, des Principes de l'Optique & des applications assez curieuses de ces Principes ; de la Construction des differens Verres, dont les uns sont propres aux Lunettes ou Telescopes, les autres aux Experiences qu'on pratique ordinairement avec les Verres-ardens, dont on a aussi indiqué les effets & les proprietez en ce Livre, &c. Les quatre Planches que j'ai fait graver serviront à expliquer ce qui est contenu dans ce Livre. L'*Errata* contient des Additions utiles pour ces Livres.

Les Planches qui sont dans ce Traité sont un peu remplies de Figures pour n'en pas trop multiplier le nombre ; elles ne laisseront pas de donner une idée assez nette des choses qu'elles representent. Je les ai placées dans le corps du Livre à la fin des matieres dont elles traitent ; & je les ai fait sortir en dehors, afin qu'on puisse les avoir facilement devant les yeux.

DEFINITIONS

DEFINITIONS
NECESSAIRES
POUR
L'INTELLIGENCE DE CE TRAITÉ.

LE Point eſt ce qui n'a aucunes parties, & qui par conſequent eſt indiviſible. *Premiere planche. Figure 1.*

La ligne eſt une longueur ſans largeur, & c'eſt l'écoulement du point. Fig. 1.

Il y a de trois ſortes de lignes, la droite, la courbe & la mixte.

La ligne droite eſt la plus courte de toutes celles qu'on peut tirer d'un point à l'autre. Fig. 2.

La Ligne courbe eſt celle qui ne va pas directement d'une de ſes extremitez à l'autre, mais qui s'en écarte par un détour. Fig. 3. Fig 4.

La Ligne mixte eſt celle dont une partie eſt droite, & l'autre courbe.

Les extremitez des lignes ſont des points.

Les Lignes comparées les unes aux autres ſuivant leurs poſitions ou ſituations, ſont ou paralleles, ou perpendiculaires, ou obliques.

On appelle lignes paralleles celles qui conſervent toujours entre elles une même diſtance, & qui étant prolongées de part & d'autre, ne ſe rencontrent jamais, ſoit que les lignes ſoient toutes deux droites, ou toutes deux courbes. Fig. 5.

Les lignes perpendiculaires ſont celles qui en ſe rencontrant ne s'inclinent pas plus d'un côté que d'autre; c'eſt pourquoi elles font deux angles égaux, & par conſequent tous deux droits. Fig. 6.

Les lignes obliques ſont celles qui en ſe rencontrant, forment des angles obliques & inégaux entre eux, c'eſt-à-dire, aigus & obtus. Fig. 7.

Ces lignes prennent encore d'autres dénominations, comme ſont celles qui ſuivent.

Fig. 8. La ligne à plomb ou verticale eſt celle qui paſſeroit par le centre de la terre ſi elle étoit continuée, comme ſeroit un fil auquel on auroit attaché un plomb, ou quelque autre choſe de peſant.

Fig. 9. La ligne horizontale, ou de niveau apparent, eſt une ligne droite qui toucheroit la ſurface de la terre en un point, ou qui ſeroit parallele à cette tangente.

La ligne du vrai niveau eſt celle qui a tous ſes points également éloignez du centre de la terre, comme ſeroit la circonference de la même figure.

La ligne finie eſt celle dont la longueur eſt déterminée.

La ligne indéfinie eſt celle dont la longueur eſt indéterminée.

Il y a encore des lignes occultes ou blanches, qui ſe font avec la pointe du compas, ou plus proprement avec le crayon, parce qu'on le peut facilement effacer. Ces lignes ne doivent pas paroître, l'ouvrage étant achevé. Quand on les veut laiſſer pour faire voir de quelle maniere s'eſt faite l'operation, on les marque de points, & pour lors on les appelle lignes ponctuées, qu'on trace avec la roulete.

Fig. 10.

Les lignes qui doivent reſter, qu'on nomme lignes apparentes, ſe tracent à l'encre avec le tire-ligne, ſi groſſes & ſi fines qu'on veut, par le moyen de la vis ou de la couliſſe qui eſt au tire-ligne.

Fig. 9. La ligne tangente ou touchante eſt une ligne qui touche une figure ſans la couper, comme la ligne A B.

Fig. 9. La Ligne ſous-tendante ou corde, eſt celle qui joint les extremitez d'un arc, comme eſt la ligne C D.

Fig. 11. Arc eſt une partie de circonference, comme D F E.

Le nombre des differentes eſpeces de lignes courbes eſt infini; mais la plus ſimple, la plus reguliere & la plus aiſée à tracer, eſt la circulaire.

Fig. 11. La ligne circulaire ou la circonference du cercle eſt une ligne courbe dont toutes les parties ſont également éloignées d'un même point qui eſt au milieu, & qui eſt appellé centre du cercle.

Fig. 11. Les lignes droites, menées du centre à la circonference, s'appellent rayons, ou demi-diametres, comme N O.

Les cordes qui paſſent par le centre du cercle, s'appellent diametres, comme M P.

Toute circonference de cercle ſe conçoit diviſée en 360 parties égales, qui ſe nomment degrez.

Ce nombre de 360 a été choiſi par les Géometres pour la diviſion du cercle, parce qu'il ſe ſubdiviſe plus exactement qu'aucun autre en pluſieurs parties égales ſans reſte : car, par exemple, la moitié de 360 eſt 180, le tiers eſt 120, le quart eſt 90, la cinquiéme partie eſt 72, la ſixiéme eſt 60, la huitiéme eſt 45, la dixiéme eſt 36, la douziéme eſt 30, & ainſi de pluſieurs autres parties aliquotes.

Chaque degré ſe diviſe en 60 parties égales, que l'on appelle minutes, chaque minute en 60 ſecondes, & chaque ſeconde en 60 tierces, &c. & ſe marquent ainſi, 40 d. 35′. 49″. 57‴. ce qui ſignifie quarante degrez, trente-cinq minutes, quarante-neuf ſecondes, cinquante-ſept tierces. Cette diviſion ſert à meſurer la grandeur des angles; mais la ſubdiviſion en ſecondes & tierces n'eſt en uſage que dans les grandes circonferences.

L'ouverture de deux lignes differentes qui se coupent ou se rencontrent en un point, se nomme angle.

Lorsque deux lignes se coupent ou se rencontrent sur un plan, l'angle qu'elles font s'appelle plan.

Quand les lignes qui font l'angle plan, sont droites, l'angle est appellé rectiligne. Fig. 12.

Si les deux lignes sont courbes, l'angle est nommé curviligne. Fig. 13.

Si l'une de ces lignes est courbe & l'autre droite, l'angle est nommé mixte ou mixtiligne, soit que la courbure soit en dedans ou en dehors. Fig 14.

Les deux lignes qui forment cet angle sont appellées les côtez de l'angle. Le point où les deux lignes se coupent ou se rencontrent en est le sommet.

Lorsqu'on marque un angle avec trois lettres, celle du milieu marque le sommet, & les deux autres les deux côtez, & on dit l'angle B A C.

Qu'on prolonge les côtez d'un angle, ou qu'on en retranche, cela ne le fait ni plus grand ni plus petit. Ainsi la grandeur d'un angle ne se mesure pas par la grandeur de ses côtez. Fig. 12.

La mesure d'un angle rectiligne est la portion d'un cercle comprise entre les côtez égaux de cet angle, dont le sommet fait le centre du cercle. Il n'importe de quel intervalle, puisque les arcs des cercles, petits ou grands, compris entre les côtez AB, AC, sont d'un nombre égal de degrez. Fig. 15.

Si, par exemple, l'arc du petit cercle est de 60 degrez, qui fait la sixiéme partie de toute la circonference, l'arc du grand cercle sera pareillement de 60 degrez, ou la sixiéme partie de la circonference du grand cercle, & l'angle B A C sera de 60 degrez.

Ces arcs sont égaux en grandeur relative, par rapport aux cercles dont ils sont parties aliquotes égales; mais leur grandeur absolue est differente; car si, par exemple, la circonference d'un cercle contient 360 pieds, chaque degré sera d'un pied; & si la circonference d'un autre cercle contient 360 toises, chaque degré de ce cercle sera d'une toise.

Tout angle est droit, aigu ou obtus.

L'angle droit a pour sa mesure un arc de 90 degrez, qui est le quart de la circonference du cercle. Fig. 16.

L'angle aigu a moins de 90 degrez. Fig. 17.

L'angle obtus a plus de 90 degrez. Fig. 18.

Des angles alternes. Une ligne droite qui coupe deux paralleles, fait les angles alternes égaux. L'angle D A E, est égal à l'angle B A C, puisqu'il lui est opposé au sommet. L'angle B A C, est alterne de l'angle G F H, & par consequent égal à ce dernier qui est opposé au sommet de l'angle IFL. S'il y avoit plusieurs paralleles on demontreroit la même chose, & tous les angles aigus seroient égaux aussi bien que tous les angles obtus. Fig. M.

Aucun angle ne peut avoir pour sa mesure 180 degrez, qui font la demi-circonference du cercle: car deux lignes ainsi écartées l'une de l'autre ne pourroient pas se couper, mais se rencontreroient directement, & ne feroient qu'une même ligne, qui seroit le diametre du cercle.

Le sinus d'un angle ou d'un arc est la moitié de la corde du même arc double; ainsi, par exemple, pour avoir le sinus de l'angle D A E, ou de l'arc D E, qui en est la mesure, ayant doublé l'arc E D, on aura l'arc EDF, dont la corde est EF, & sa moitié E H, est le sinus droit de l'angle D A E; la ligne D G, est la tangente du même angle, & la ligne AG, en est la secante. Fig. 15.

Deux arcs qui font un cercle entier, n'ont qu'une même corde, car il est aisé de voir que la ligne E F est aussi-bien la corde du grand arc E B C F, que du petit arc E D F.

Par même raison, deux arcs qui font ensemble un demi-cercle, n'ont qu'un même sinus droit; ainsi la ligne E H est aussi-bien le sinus de l'angle obtus E A I, ou de l'arc E B I, qui en est la mesure, que de l'angle aigu E A D, ou de l'arc E D.

Il en est de même des tangentes & secantes.

Le sinus de 90 degrez, qui est le rayon ou demi-diametre du cercle, comme D A, est appellé sinus total.

La surface ou superficie est ce qui a longueur & largeur seulement. Elle est de deux sortes, savoir plane & courbe.

Fig. 19. La surface plane ou droite est celle à laquelle une ligne droite se peut appliquer de tout sens, comme est, par exemple, le dessus d'une table bien unie.

Fig. 20. La surface courbe est celle à laquelle une ligne droite ne peut s'apliquer en tous sens. Il y en a de concaves & de convexes. Le dedans d'une calote est une surface concave, & le dessus est une surface convexe.

Terme, est ce qui termine quelque chose. Ainsi les points sont les termes de la ligne, les lignes sont les termes des surfaces, & les surfaces sont les termes des corps.

La figure est ce qui est terminé de tous côtez.

Les figures terminées par un seul terme sont les cercles & les ellipses ou ovales, lesquelles sont terminées par une seule ligne courbe.

Fig. 21. Les figures terminées par plusieurs termes ou lignes sont le triangle ou trigone, qui a trois côtez & trois angles.

Fig. 22. Le quarré ou quadrilaterre qui en a quatre. Le pentagone cinq. L'exagone six. L'eptagone sept. L'octogone huict. L'enneagone neuf. Le decagone dix. L'endecagone onze. Le dodecagone douze. La figure de 1000. côtez se nomme kiliogone. Celle de 10000 côtez se nomme myriogone.

Fig. 23. & 24.

On parlera ci-après plus au long de ces polygones, en traitant de leur construction.

Toutes les susdites figures, & celles qui ont encore plus de côtez, se nomment aussi polygones, d'un mot general, qui signifie figures de plusieurs angles ; & pour les distinguer, on ajoûte le nombre des côtez, comme, par exemple, un decagone se peut appeller un polygone de dix côtez ; un dodecagone s'appelle aussi un polygone de douze côtez, & ainsi des autres.

Les figures dont les côtez & les angles sont égaux, comme celles ci-devant, se nomment polygones reguliers.

Celles dont les angles ou les côtez sont inégaux, se nomment polygones irreguliers.

Les triangles se distinguent, ou par leurs côtez, ou par leurs angles.

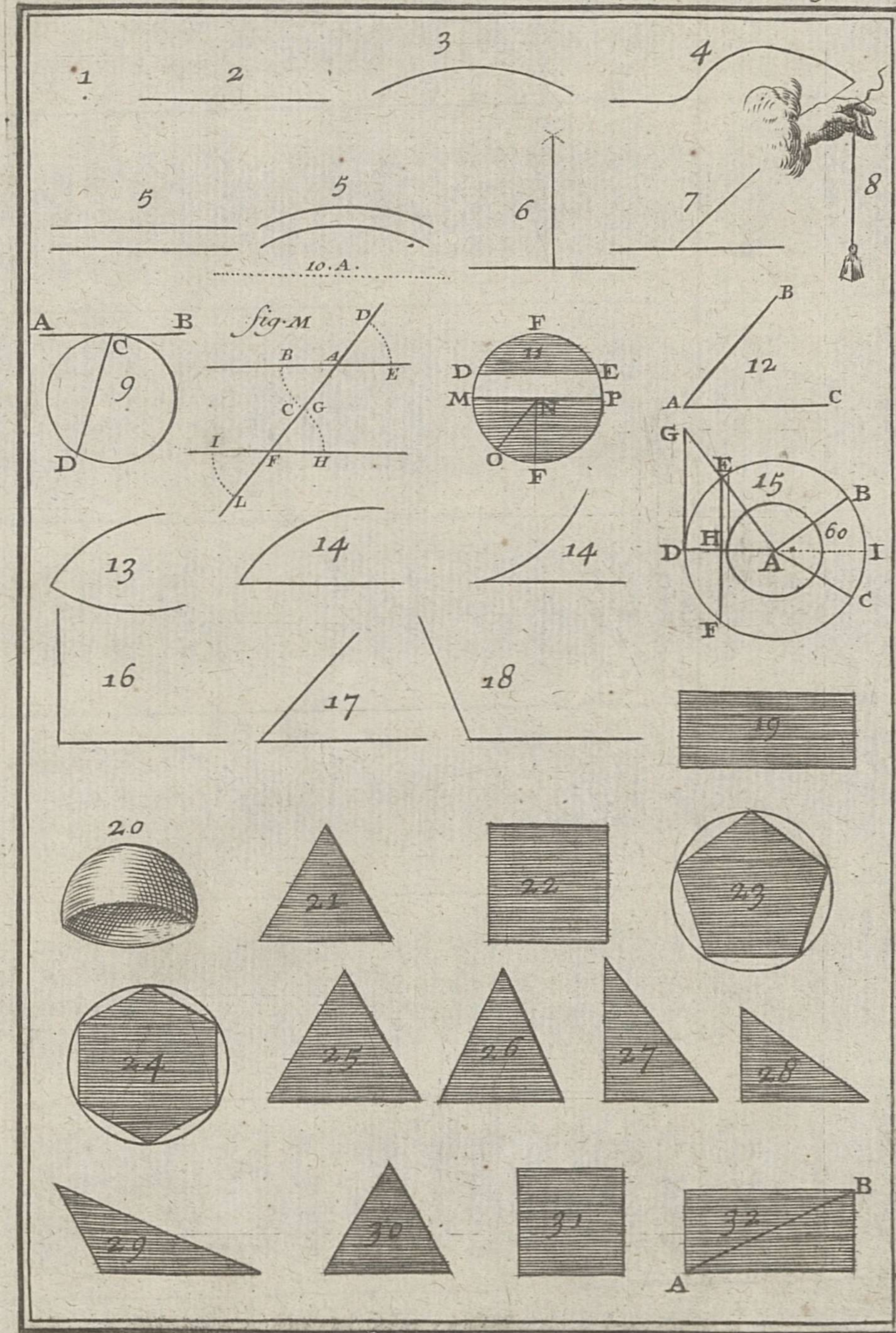
Fig. 25. Ayant égard à leurs côtez; celui qui a les trois côtez égaux se nomme triangle équilateral, & il est aussi équiangle.

Fig. 26. Celui qui a seulement deux côtez égaux se nomme triangle isoscele.

Fig. 27. Et celui qui a les trois côtez inégaux s'appelle triangle scalene.

Fig. 28. Ayant égard à leurs angles; le triangle qui a un angle droit se nomme rectangle, & le côté opposé à l'angle droit, se nomme hypotenuse.

Fig. 29. Celui qui a un angle obtus se nomme obtusangle, ou ambligone.


fig. M

Celui qui a tous les angles aigus se nomme acutangle, ou oxygone. Fig. 30.

Les quadrilateres ou figures de quatre côtez, reçoivent aussi differens noms.

Si les côtez opposez sont paralleles, le quadrilatere est appellé d'un nom general parallelogramme.

Si le parallelogramme a les quatre côtez égaux, & les quatre angles droits, on l'appelle quarré. Fig. 31.

Si tous les côtez ne sont pas égaux, mais que les quatre angles soient droits, on l'appelle quarré-long, parallelogramme rectangle, ou simplement rectangle. Fig. 32.

La ligne tirée dans un parallelogramme d'un angle à l'autre qui lui est opposé, se nomme diagonale, comme la ligne A B, même figure.

Si les quatre côtez sont égaux, & que les angles opposez soient aussi égaux, mais non droits, on l'appelle rhombe ou lozange. II. Planche. Fig. 1.

Si des quatre côtez les deux opposez sont égaux, & les angles opposez aussi égaux, mais non droits, le quadrilatere est appellé rhomboïde. Fig 2.

Ainsi le quarré est équilateral & équiangle. Le quarré long est équiangle & non équilateral. Le rhombe est équilateral, & non équiangle : & le rhomboïde n'est ni équilateral, ni équiangle.

Tout quadrilatere, dont les côtez opposez ne sont ni paralleles ni égaux, se nomme trapeze. Fig. 3.

Le cercle est une figure plane, bornée par le contour d'une ligne courbe, qu'on nomme circonference, laquelle est également éloignée du point du milieu, appellé centre. Fig. 4.

Le demi-cercle est une figure terminée par le diametre & la demi-circonference. Fig. 5.

Portion, ou segment de cercle, est une figure comprise d'une partie de circonference, & d'une corde plus petite que le diametre. Il y a le grand & le petit segment. Fig. 4.

Secteur de cercle est une figure faite d'une partie de cercle terminé par deux rayons ou demi-diametres, qui ne font pas une même ligne droite. Il y a le grand & petit secteur. Fig. 6.

L'ellipse, ou ovale, est une figure plus longue que large, comprise sous une seule ligne courbe, dans laquelle les deux plus grandes lignes qu'on puisse tirer à angles droits, s'appellent les axes de l'ellipse; la plus grande ligne s'appelle le grand axe, & l'autre le petit axe. Le centre de l'ellipse est le point où ces deux axes se coupent. Fig. 7.

On appelle figures concentriques celles qui ont un même centre. Fig. 8.

Figures excentriques sont celles qui n'ont pas même centre. Fig. 9.

Figures semblables sont celles qui ont les angles égaux chacun à chacun, c'est-à-dire, que chaque angle d'une figure est égal à chaque angle qui lui correspond dans l'autre figure, & pour lors les côtez d'une figure sont proportionnez aux côtez de l'autre; de sorte que si le côté *ab* est la moitié ou le tiers du côté AB, tous les autres côtez de la petite figure *abcd* seront pareillement moitié ou tiers des côtez de la grande figure ABCD. Les côtez qui se répondent dans la proportion se nomment homologues; ainsi le côté AB de la grande figure, & le côté *a b* de la petite, sont côtez homologues. Fig. 10.

Figures égales sont celles qui contiennent également; c'est-à-dire, qui contiennent un nombre égal de quantitez égales.

Il y a des figures qui sont égales & semblables.

D'autres ſont égales & non ſemblables.

D'autres enfin ſont ſemblables & non égales.

Fig. 11. Figures iſoperimetres ſont celles dont le circuit eſt égal ; ainſi, par exemple, le triangle A B C, & le quarré A B C D, ſont figures iſoperimetres ; puiſque chaque côté du triangle étant 8, ſon circuit eſt 24, & chaque côté du quarré étant 6, ſon circuit eſt auſſi 24 parties égales à celles qui ſont le circuit du triangle.

Corps ou ſolide eſt ce qui a longueur, largeur & profondeur.

Fig. 12. Sphere, globe ou boule, eſt un ſolide fait par le mouvement entier d'un demi-cercle à l'entour de ſon diametre immobile, qui s'appelle axe, ou aiſſieu de la ſphere.

Fig. 13. Spheroïque eſt un ſolide fait par le mouvement entier d'une demi-ellipſe, à l'entour d'un de ſes axes, qui s'appelle axe ou aiſſieu du ſpheroïque.

Fig. 14. La Piramide eſt un ſolide compris par pluſieurs plans triangulaires, ſe rencontrant en un même point, & ayant un polygone pour baſe.

Fig. 15. Cone eſt une eſpece de piramide qui a un cercle pour baſe. Il eſt fait par le mouvement entier d'un triangle rectangle ; à l'entour de l'un des côtez qui forme l'angle droit, lequel côté eſt l'axe du cone droit.

Fig. 16. Cylindre eſt un ſolide qui a deux cercles pour baſes : il eſt fait par le mouvement circulaire d'un parallelogramme à l'entour d'un de ſes côtez, lequel ſe nomme axe du cylindre.

Fig. 17. Priſme eſt un ſolide, qui a pour baſes deux plans paralleles, ſemblables & égaux ; quand ces deux plans paralleles ſont des triangles, il ſe nomme priſme triangulaire.

Fig. 18. Quand les deux baſes du priſme ſont des parallelogrammes, il ſe nomme parallelipipede.

Si les côtez de ces corps ſont perpendiculaires à la baſe, on les appelle droits ou iſoſceles.

S'ils ſont inclinez, on les appelle obliques ou ſcalenes.

Corps regulier eſt celui qui eſt compris de figures regulieres & égales, & duquel tous les angles ſolides ſont égaux.

Angle ſolide eſt la rencontre de pluſieurs plans qui aboutiſſent en un point, comme eſt, par exemple, la pointe d'un diamant.

Il faut au moins trois plans pour faire un angle ſolide.

Il y a cinq ſortes de corps reguliers repreſentez dans la même planche avec leurs developemens ; ſavoir :

Fig. 19. Le tétraedre compris ſous quatre triangles égaux & équilateraux ; c'eſt une piramide triangulaire qui a ſa baſe égale à ſes faces.

Fig. 20. L'hexaedre ou cube compris de ſix quarrez égaux.

Fig. 21. L'octaedre compris ſous huit triangles égaux & équilateraux,

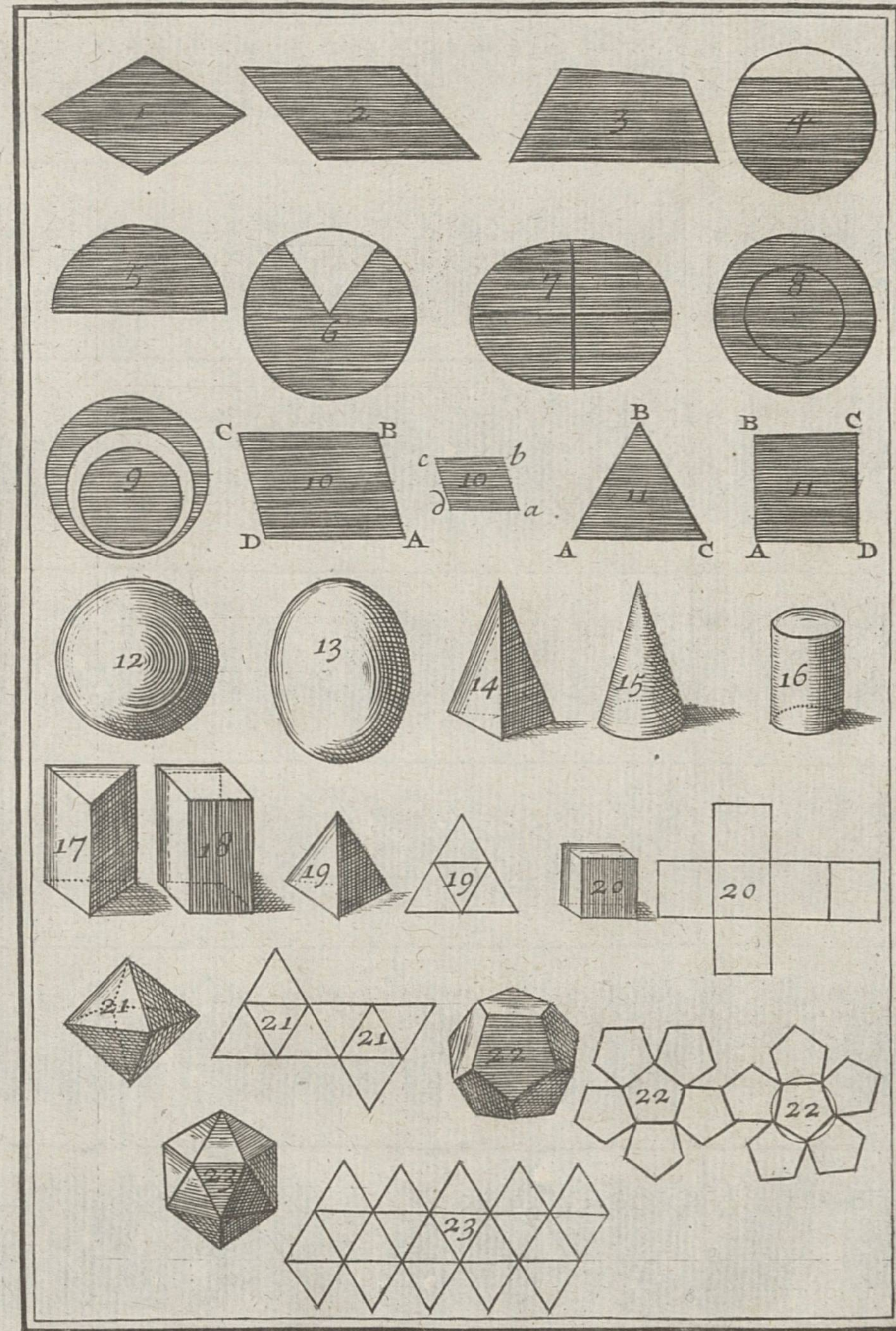
Fig. 22. Le dodécaedre terminé de douze pentagones égaux & équilateraux.

Fig. 23. L'icoſaedre compris & terminé par vingt triangles égaux & équilateraux.

Les developemens marquez à côté de ces cinq corps reguliers ſont voir la maniere de les tracer ſur du cuivre ou carton, afin de les découper, & enſuite les rejoindre pour en former leſdits corps.

Tous les autres ſolides ſe peuvent appeller du nom general polyedres, qui ſignifie corps terminez de pluſieurs ſurfaces.

Si dans la ſuite de ce diſcours, il ſe trouve quelque choſe dont la définition ne ſoit pas ici compriſe, il ſera défini & expliqué en ſon lieu.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
C B 10 D A
c b 10 d a
B 11 A C
B C 11 A D
12
13
14
15
16
17
18
19
19
20
20
21
21
21
22
22
22
23
23

CONSTRUCTION ET USAGE DES INSTRUMENS DE MATHEMATIQUES.

LIVRE PREMIER.

Des Instrumens les plus ordinaires ; comme sont le Compas, la Regle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur.

CHAPITRE PREMIER.

De la Construction & des Usages du Compas, de la Regle, du Tire-ligne & du Porte-crayon.

IL y a plusieurs sortes de compas, dont nous parlerons plus amplement dans la suite ; mais celui dont nous allons donner les usages dans ce chapitre, est le compas ordinaire. Il s'en fait de deux sortes ; savoir, des compas simples qui n'ont que deux pointes fixes, & d'autres qui changent de pointes : les uns & les autres de differentes grandeurs ; mais l'ordinaire est depuis trois pouces jusqu'à six de longueur. A ceux qui changent de pointes, on en met une pour tracer à l'encre, une pour tracer au crayon, & quelquefois une autre où il y a une roulete pour tracer des lignes ponctuées.

III. Planche. Fig. A.

La bonté d'un compas consiste principalement en ce que le mouvement de sa tête soit bien égal, & qu'il ne saute point en l'ouvrant ou le fermant, que les charnieres soient bien ajustées; que le corps en soit limé, plat & bien poli; & enfin que les pointes d'acier soient bien jointes & bien égales. Les figures A donneront l'idée de ces sortes de compas, dont nous expliquerons les constructions au livre III.

Les regles, soit de cuivre ou de bois, doivent être parfaitement droites en tous sens : on se sert pour les dresser de limes & d'un rabot, dont la semelle de dessous soit d'acier; comme aussi d'une autre regle bien droite, qu'on frote l'une contre l'autre par l'épaisseur. Il y a un bizeau à un des bords, afin que l'encre ne salisse point le papier; quand on tire des lignes à l'encre elles doivent être un peu épaisses.

Fig. B.

Pour connoître si une regle est bien droite, tracez une ligne sur du papier, & retournez ladite regle bout pour bout; si la ligne tracée convient justement le long de la regle; c'est une marque qu'elle est bien droite.

Le tire-ligne est fait de deux lames d'acier jointes ensemble, & attachées au bout d'un balustre, à l'autre bout duquel est un porte-crayon; les lames doivent être évidées en dedans, afin que l'encre s'y puisse mettre avec une plume; elles se joignent par les pointes qui doivent être bien égales. Il y a un petit coulant qui sert à ouvrir & fermer plus ou moius le tire-ligne pour tracer des lignes fines ou grosses selon le besoin.

Fig. C.

Le porte-crayon doit être bien égal de grosseur par tout, & fendu bien droit par le milieu avec une scie bien mince; on le courbe vers le bout, afin qu'on puisse serrer le crayon par le moyen d'un petit anneau, qui doit être tourné bien juste.

USAGE PREMIER.

Diviser une Ligne droite en deux également.

De la III. Planche. Fig. 1.

SOit la ligne donnée AB, laquelle il faut diviser en deux parties égales. Du point A, comme centre ou des extremitez de la ligne, décrivez l'arc de cercle CD d'une ouverture de compas prise à volonté, plus grande ou plus petite que AB, mais cependant plus grande que la moitié de ladite ligne. Décrivez aussi de l'autre extremité B, & de la même ouverture de compas l'arc de cercle EF, coupant le premier arc déja décrit aux points GH, posez la regle sur ces deux intersections, & tirez la ligne GH, elle divisera la ligne AB en deux parties égales.

Remarquez que ces deux arcs ne pourroient pas s'entrecouper si les ouvertures de compas n'étoient plus grandes que la moitié de la ligne donnée.

USAGE II.

Sur une Ligne droite & d'un point donné, élever une Perpendiculaire.

Fig. 2.

SOit la ligne droite donnée AB, & le point donné C, sur lequel il faut élever une perpendiculaire.

Du point donné C, marquez avec le compas sur la ligne donnée les distances

distances égales C A, C B, des points A & B, & d'une ouverture de compas à volonté, mais plus grande que chacune desdites distances, décrivez les arcs D E, F G, s'entrecoupans au point H, tirez la ligne H C, elle sera perpendiculaire sur A B.

Si le point donné C étoit à l'extremité de la ligne, décrivez de ce point, comme centre, un arc de cercle à volonté, sur lequel vous porterez deux fois la même ouverture de compas ; savoir, de B en D, & de D en E. Des points D & E faites deux autres arcs de cercle s'entrecoupans au point F, & mettant la regle sur les points F & C, tirez la ligne F C, laquelle sera perpendiculaire sur l'extremité de la ligne C B. Fig. 3.

S'il manquoit d'espace pour prendre la grandeur D E, divisez en deux également l'arc B D au point G, & portez la moitié D G de D en H, la ligne H C sera perpendiculaire.

Ou bien ayant tiré par les points B & D la ligne indéfinie B D F, faites la partie D F, égale à B D, & tirez la perpendiculaire F C. Fig. 4.

Ou bien encore ayant choisi le point P à volonté, au-dessus de la ligne donnée dudit point & de l'intervalle P C, décrivez l'arc B C D, tirez la ligne B P, & prolongez-la jusqu'à ce qu'elle coupe ledit arc au point D. De ce point D au point C, tirez la perpendiculaire D C. Fig. 5.

USAGE III.

Abaisser une perpendiculaire sur une ligne donnée d'un point hors de ladite ligne.

Soit le point donné C, duquel il faut abaisser une perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 6.

Du point C, comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupe la ligne A B en deux points D E; de ces points D & E, faites la section F, & mettant la regle sur les points C & F, tirez la perpendiculaire C G.

On peut faire la section F au-dessus ou au dessous de la ligne donnée; mais il est bon qu'elle soit au-dessous, parce que les points C & F étant éloignez, on tire plus justement la perpendiculaire que s'ils étoient proches.

Que si la portion de cercle décrite du point C ne coupe pas la ligne A B en deux points, il faudra continuer la ligne, s'il se peut, sinon il faudra se servir de la derniere methode ci-devant rapportée pour élever une perpendiculaire à l'extremité d'une ligne; car dans la même figure 5, supposé qu'on veuille abaisser une perpendiculaire du point D sur la ligne C B, tirez à volonté la ligne D B, divisez-la en deux également au point P; de ce point comme centre & de l'intervalle P D, décrivez l'arc D C B, coupant la ligne A B au point C; posez la regle sur les points C & D, & tirez la ligne C D, elle sera la perpendiculaire requise.

Autrement. Soit la ligne A B & le point donné C hors icelle, duquel il faut abaisser une perpendiculaire. Prenez les deux points 1 & 2 à volonté sur ladite ligne A B; puis des points 1 & 2 & des intervalles 1 C & 2 C, décrivez des arcs de cercle qui s'entrecouperont en deux points; savoir, une fois au point C, & l'autre fois au point D, au-dessous de la ligne : posez la regle sur les deux intersections, & tirez une ligne qui sera perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 7.

USAGE IV.

Couper un angle rectiligne en deux également.

Fig. 8. SOit A C B l'angle qu'il faut couper en deux angles égaux.

Du point C, comme centre, décrivez l'arc D E à volonté : des points D & E décrivez deux arcs qui se couperont au point F, du point F par le point C tirez la ligne F C, elle divisera l'angle proposé en deux également.

Si on vouloit diviser en trois l'angle A C B, il faudroit diviser l'arc D E en trois également en tâtonant, pour ainsi dire, avec le compas ; puisque la trisection de l'angle par des lignes droites n'a point encore été trouvé géométriquement.

USAGE V.

Sur un angle donné élever une ligne droite qui n'incline pas plus d'un côté que de l'autre.

Fig. 8. FAites la même operation que dessus, & prolongez la ligne F C G.

USAGE VI.

Sur une ligne droite donnée & d'un point pris en icelle, faire un angle égal à un angle donné.

Fig. 9. SOit A B la ligne donnée, & A le point donné, duquel il faut faire un angle égal à l'angle E F G.

Du point F, comme centre décrivez une portion de cercle ; de la même ouverture de compas décrivez du point A une semblable portion ; prenez avec le compas la grandeur de l'arc E G, & portez cette ouverture sur l'arc B C pour le faire égal ; par les points A & C tirez la ligne A C, l'angle B A C sera égal à l'angle E F G.

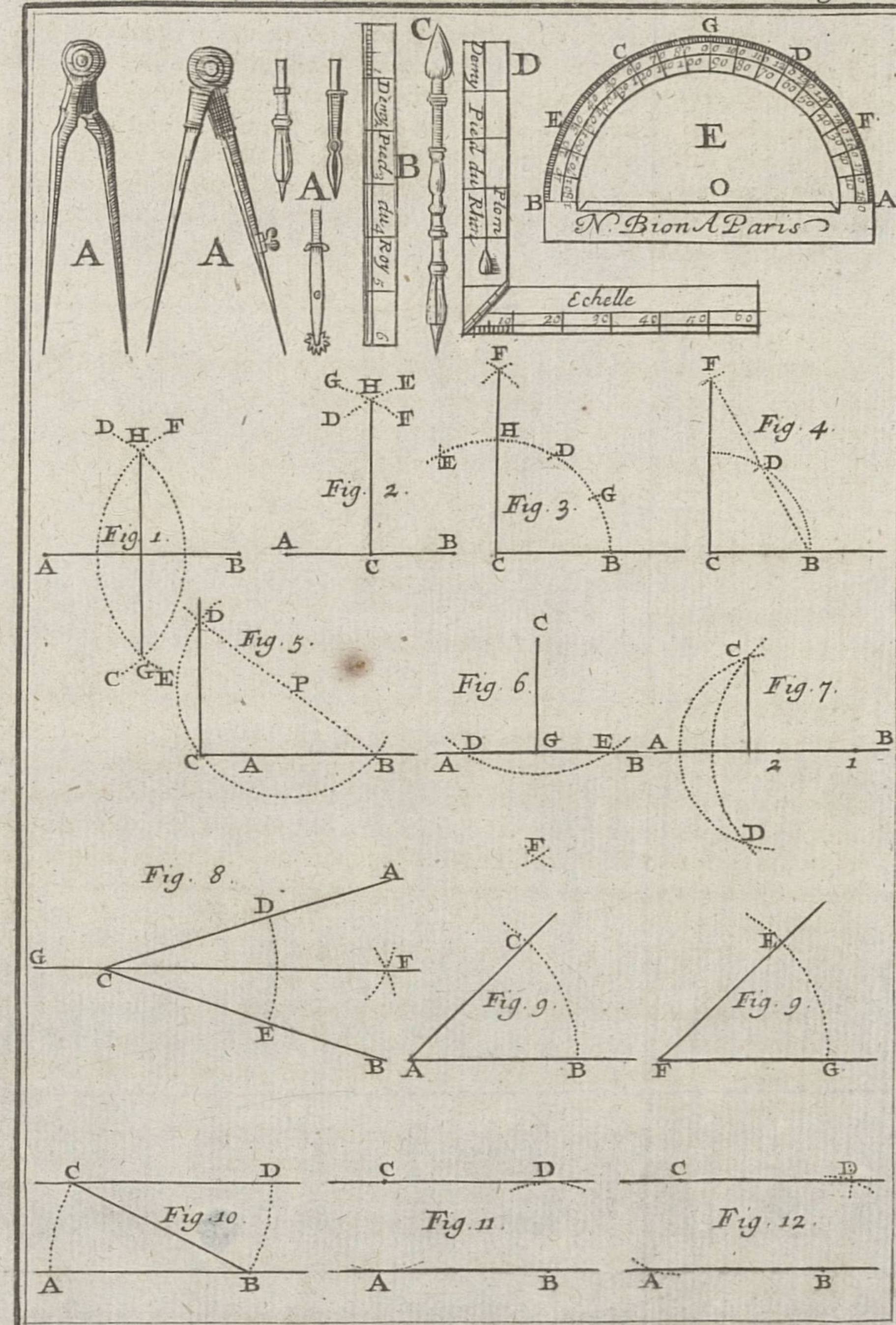
USAGE VII.

D'un point donné mener une ligne parallele à une ligne donnée.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée, & C le point par lequel il faut mener une ligne qui soit parallele à A B.

Du point C, comme centre, & d'une ouverture de compas prise à volonté, faites l'arc D B qui coupera la ligne donnée au point B : dudit point B, comme centre, & de la même ouverture de compas faites l'arc C A ; prenez avec un compas l'ouverture de l'arc C A, & la portez de B en D, pour faire ces deux arcs égaux. Par les points C & D tirez la ligne C D, elle sera parallele à A B.

Fig. 11. Autrement, du point C comme centre, décrivez un arc qui touche la ligne donnée, & d'un autre point pris à volonté sur la ligne A B, décrivez


Deux Pieds du Roy
Demy Pied du Roy
Plom
N. Bion A Paris
Echelle
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.

avec la même ouverture l'arc D; par le point C tirez une ligne touchant l'arc D, la ligne CD sera parallele à la ligne AB.

Mais comme on ne voit pas bien où est le point touchant, on pourra se servir de la maniere suivante qui est la meilleure.

Du point donné C comme centre, & d'une ouverture de compas à volonté, décrivez un arc qui coupera la ligne AB au point A. Fig. 11.

Et d'un autre point comme B sur ladite ligne, faites un autre arc de la même ouverture de compas que le precedent; ouvrez le compas de la distance AB, & du point C comme centre faites un arc de cercle qui coupera le precedent au point D, par les points C & D tirez une ligne, elle sera parallele à AB.

USAGE VIII.

Diviser une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra.

La ligne donnée soit AB, qu'il faut diviser en 8 parties égales. Tirez à volonté la ligne BC, faisant un angle avec la ligne AB, tirez aussi la ligne AD parallele à BC, mettez sur BC, 8 parties égales de telle grandeur qu'il vous plaira, portez les mêmes parties sur la ligne AD, & des divisions de l'une à l'autre tirez des lignes, elles diviseront la ligne AB en 8 parties égales. *II. Planche.* Fig. 1.

Autrement, tirez une ligne *ab*, parallele à AB proposée à diviser; marquez sur cette ligne *ab*, 8 parties égales à discretion: par les extremitez de ces deux paralleles tirez deux lignes, lesquelles formant un triangle s'entrecoupent au point C, duquel point C tirant des lignes aux divisions faites sur la ligne *ab*, elles couperont l'autre ligne AB en autant de parties égales. Fig. 2.

Cette division de ligne sert à faire des échelles de plans; car s'étant proposé la ligne AB pour en faire une échelle de 80 parties ou 80 toises; chaque partie de cette ligne divisée en 8, contiendra 10 toises; mais comme il seroit difficile de diviser chacune desdites parties en 10, il faut des extremitez de la ligne AB élever des perpendiculaires AD, BC, sur lesquelles il faut mettre 10 parties à volonté, & de ces parties tirer des lignes paralleles à la ligne AB; on mettra sur la ligne DC les mêmes divisions de la ligne AB, & on tirera des lignes transversales AE, 10 F, 20 G, & ainsi des autres. Fig. 3.

On prendra facilement autant de toises qu'on voudra sur cette échelle. Par exemple, si on veut en avoir 23 toises, on prendra la rencontre de la transversale 20 G avec la 3 parallele qui est au point Z, & la grandeur Z 3 sera de 23 toises; si on veut avoir 58 toises, on prendra la rencontre de la transversale 50 H avec la 8 parallele qui est Y & la grandeur Y 8, representera 58 toises, & ainsi des autres: on pourroit mettre sur cette échelle les pieds faisant les lignes paralleles plus éloignées les unes des autres, & si elles étoient assez éloignées pour être encore subdivisées en 12 parties, on y prendroit les pouces.

Pour diviser une très-petite ligne en grand nombre de parties, comme en 100, ou en 1000 parties égales. Soit, par exemple, proposée la ligne AD qu'il faut diviser en 1000. Fig. 4.

Des extremitez A D élevez les perpendiculaires A B, D C, portez ſur ces perpendiculaires 10 parties égales ; tirez par ces diviſions autant de lignes paralleles à A D, diviſez les lignes A D, B C chacune en 10 parties égales, que vous joindrez par autant de perpendiculaires : ſubdiviſez enſuite la premiere diſtance A E & ſa parallele B F en 10 autres parties que vous joindrez par des tranſverſales ou lignes obliques tirées d'un intervalle de diviſion comme du point E au point 1, & ainſi des ſuivantes.

Par ce moyen cette premiere diſtance A E ſe trouvera diviſée en 100 parties égales ; c'eſt pourquoi on continuera d'écrire les chifres 200, 300, 400, 500, &c. juſqu'à 1000 au-deſſus & au-deſſous de ladite échelle, qui ſera diviſée en 1000 parties égales, comme l'on voit en la figure 4. On nomme ordinairement cette regle échelle de dixme.

Pour s'en ſervir & y prendre telle partie qu'on voudra, il faut faire comme il a été dit au ſujet de l'échelle repreſentée en la figure precedente. Nous parlerons encore de cette échelle de 1000 parties dans le chapitre du compas de proportion.

Il ſe fait auſſi des échelles ſimples des ſinus, des tangentes & ſecantes ſur des regles en cette maniere.

Fig. 6. Par exemple, ſi de tous les degrez du quart de cercle I F, à commencer du point I, on abaiſſe des perpendiculaires ſur le rayon A I, ces perpendiculaires ſeront les ſinus de tous ces degrez, dont le plus grand ſera le rayon du cercle ou ſinus total A F, & les longueurs de tous ces ſinus ſe pourront marquer ſur le rayon A F, pour en faire une échelle, à commencer depuis le point A, ainſi les ſinus D K ſont marquez depuis A juſqu'en G, &c.

Et ſi l'on prolonge la tangente I E indéfiniment vers E, & que du centre A on tire des lignes comme A E par tous les degrez du quart de cercle juſqu'à la tangente I E prolongée, ces lignes ſeront les ſecantes de tous les degrez, & on verra évidemment que la moindre de toutes les ſecantes eſt plus grande que le rayon A I. Il eſt auſſi évident que toutes les tangentes I E de tous les degrez ſont terminées par leurs ſecantes A E le long de la ligne I E, qui ſera pour lors l'échelle des tangentes, & c'eſt de cette maniere qu'on pourra faire ces échelles ſimples de ſinus, tangentes & ſecantes, en tranſportant avec un compas ſur une regle, toutes ces diſtances.

Les tables des ſinus, tangentes & ſecantes ſont faites ſur ce principe. Le rayon du cercle ou ſinus de l'angle droit eſt ſuppoſé diviſé en 10000 parties égales, & l'on a calculé combien de ces mêmes parties ſont contenuës à proportion dans tous les ſinus droits, dans les tangentes & dans les ſecantes de tous les angles de minute en minute, depuis une minute juſqu'à 90 degrez ; & l'on a mis ces nombres par ordre, & c'eſt ce qu'on appelle les tables de ſinus, tangentes & ſecantes.

Les logarithmes ſont des nombres en progreſſion arithmetique que l'on fait répondre à d'autres nombres en progreſſion géométrique, dont il ſont les logarithmes, comme le marquent les deux progreſſions ſuivantes.

Prog. géom. nomb. 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, &c.

Prog. arith. logarith. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. & les logarithmes ont été inventez pour abreger les multiplications par de ſimples additions, & les diviſions par de ſimples ſouſtractions ; ce qui épargne un travail infini, principalement dans les calculs aſtronomiques.

L'usage de ces tables est expliqué dans les livres des tables de sinus, tangentes, secantes & logarithmes.

USAGE IX.

Oter d'une ligne donnée telle partie qu'on voudra.

SOit AB, la ligne donnée de laquelle il faut retrancher la quatriéme partie. Fig. 5.

Tirez la ligne indéfinie AC, faisant un angle avec la ligne AB, portez sur la ligne AC quatre parties à discretion ; de la derniere division tirez la ligne B4, & tirez ensuite la ligne 1 D, parallele à B4, AD sera la quatriéme partie de AB.

USAGE X.

Mener une ligne droite qui touche le cercle par un point donné.

SI le point donné B touche la circonference du cercle, tirez le rayon AB, & du point B élevez la perpendiculaire BC qu'il faut prolonger, elle sera tangente au cercle. Fig. 6.

Mais si le point donné B étoit hors le cercle, tirez du centre A au point donné B une ligne droite, que vous diviserez en deux également au point D, duquel comme centre & intervalle BD décrivez un demi-cercle qui coupera le cercle au point E, tirez BE, elle sera tangente. Fig. 7.

Mais si le cercle étant donné avec une ligne qui le touche, on cherche le point d'attouchement, du centre du cercle abbaissez la perpendiculaire AB sur la touchante, le point où elle la coupera sera celuy d'attouchement. Fig. 8.

USAGE XI.

Sur une ligne droite donnée, décrire une ligne spirale qui fasse autant de revolutions qu'on voudra.

SOit la ligne donnée AB, sur laquelle on veut décrire une spirale qui fasse trois revolutions, divisez premierement cette ligne en douze parties égales au point C, duquel point comme centre décrivez un demi-cercle dont le diametre soit toute la ligne donnée AB, divisez ensuite le demi-diametre AC en trois également aux points DE, & du même centre C tracez du même côté deux autres demi-cercles passans par les points des divisions DE, subdivisez encore l'espace CE en deux également au point F, duquel point comme centre décrivez de l'autre côté de la ligne trois autres demi-cercles, & la spirale de trois révolutions sera achevée. Si l'on veut que la ligne spirale fasse quatre révolutions, il n'y a qu'à diviser en quatre le demi-diametre AC. Fig. 9.

USAGE XII.

Sur une ligne droite donnée décrire un triangle équilateral.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée ſur laquelle il faut faire un triangle équilateral. Du point A pour centre & de l'intervalle A B, décrivez un arc de cercle : du point B pour centre & de l'intervalle B A, décrivez un autre arc de cercle qui coupera le precedent au point C; tirez les lignes C A, C B, le triangle A B C ſera équilateral.

Fig. 11. Pour décrire un triangle iſoſcele ſur la ligne A B, il faut ouvrir le compas plus grand que toute la ligne, ou plus petit, & faire le reſte comme ci-devant.

USAGE XIII.

Faire un triangle égal & ſemblable à un autre triangle propoſé.

Fig. 12. SOit le triangle donné A B C, auquel il en faut faire un ſemblable comme D E F.

Fig. 13. Faites la ligne D E égale à A B; du point D pour centre & pour rayon A C décrivez un arc ; du point E pour centre & pour rayon B C décrivez un autre arc qui coupera le precedent au point F, tirez les lignes D F, E F, & le triangle ſera égal & ſemblable au triangle propoſé.

USAGE XIV.

Sur une ligne donnée, faire un triangle ſemblable à un autre, ſans qu'il luy ſoit égal.

Fig. 14. SOit la ligne donnée H I, ſur laquelle il faut faire un triangle ſemblable, mais non égal au triangle A B C.

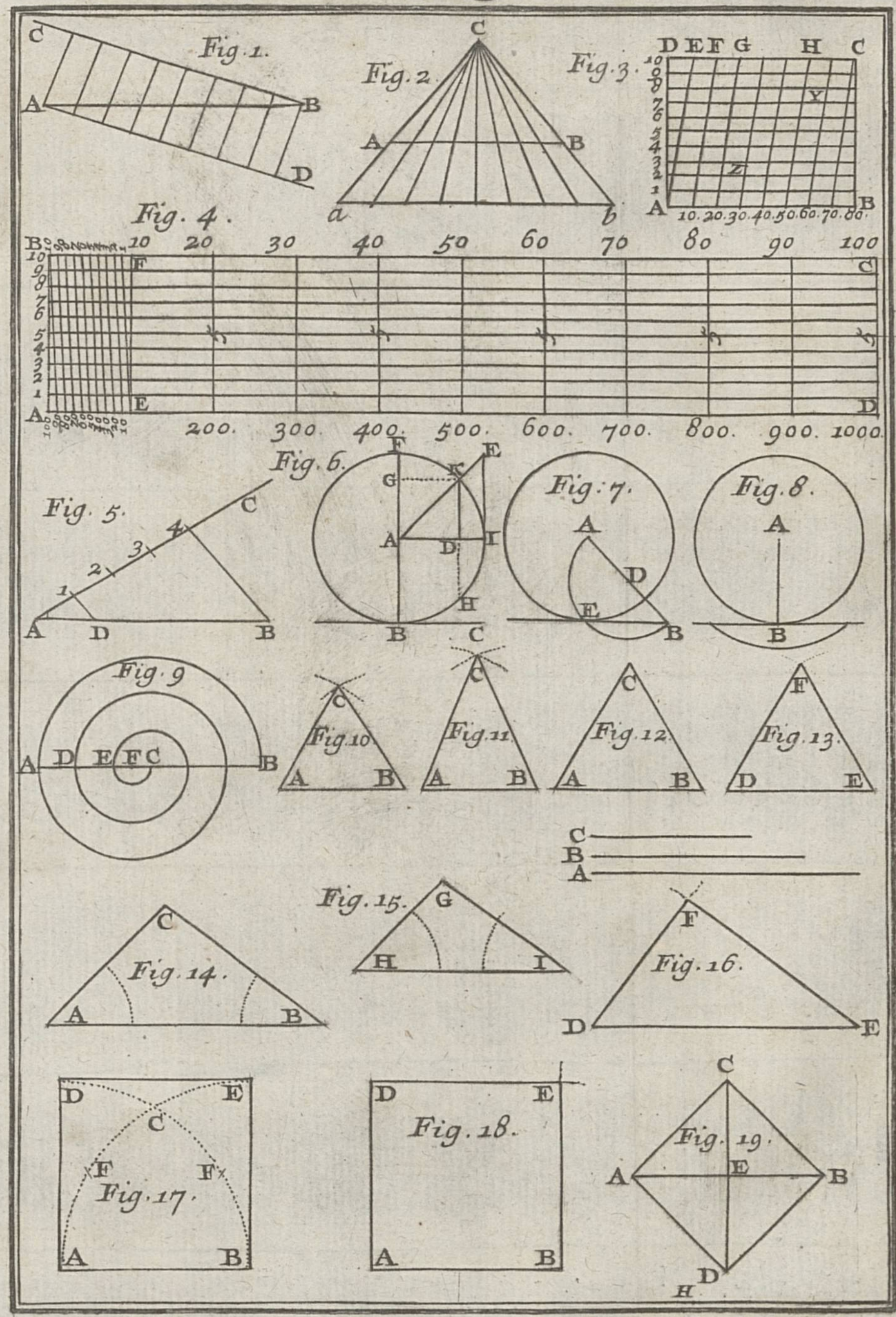
Fig. 15. Faites l'angle H égal à l'angle A, & l'angle I égal à l'angle B; tirez les lignes H G, I G juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent, le triangle H I G ſera le requis.

USAGE XV.

Faire un triangle de trois lignes droites égales à trois lignes données, dont les deux plus courtes priſes enſemble ſoient plus longues que la troiſiéme.

Fig. 16. SOient les trois lignes droites propoſées A, B, C. Faites la ligne droite D E égale à la ligne A, du point E pour centre & pour rayon la grandeur de la ligne B, décrivez une portion de cercle ; pareillement de D comme centre, & pour rayon la grandeur de la ligne C, décrivez une autre portion de cercle, coupant la premiere au point F, tirez les lignes droites FD, FE, & le triangle D F E ſera le propoſé.

Planche Quatrieme.



USAGE XVI.

Sur une ligne droite donnée, décrire un quarré.

Soit la ligne droite donnée AB, sur laquelle il faut décrire un quarré, dont AB soit un côté. Du point A pour centre, & AB pour rayon, décrivez l'arc BD, & du point B l'arc AE, s'entrecoupant au point C. Divisez l'arc CA, ou CB, en deux également au point F. Faites les intervalles CE & CD égaux à CF; tirez les lignes AD, BE, DE, le quarré sera fait. Fig. 17.

Autrement : sur l'extremité de la ligne AB, élevez la perpendiculaire AD égale à AB, du point D pour centre, & de la grandeur AB, faites un arc; du point B, & de la même ouverture de compas faites un autre arc, coupant le premier au point E, tirez les lignes AD, DE & EB, le quarré sera achevé. Fig. 18.

Dans la pratique precedente la ligne AB a été donnée pour être le côté d'un quarré; mais si on proposoit cette ligne pour en être la diagonale, il faudroit la diviser en deux également par la perpendiculaire CD, faire les parties EC, ED égales à AE & BE, & tirer les quatre lignes AC, CB, BD, & DA. Fig. 19.

On donnera dans les usages du rapporteur & du compas de proportion des manieres de construire les polygones reguliers sur une ligne donnée, parce que la pratique en est plus facile. Mais en attendant, voici une méthode generale où il n'est besoin que du simple compas & de la regle.

USAGE XVII.

Inscrire dans un cercle tel polygone regulier qu'on voudra.

Soit proposé pour exemple à faire un pentagone; si le cercle est donné divisez son diametre AB en cinq parties égales par l'usage 8; mais s'il n'est pas donné, tirez au crayon une ligne indefinie, pour servir de diametre, laquelle étant divisée en cinq parties égales, ouvrez le compas de toute la grandeur du diametre, pour décrire deux arcs qui s'entrecoupent au point C, comme pour former un triangle équilateral; puis ayant tracé un cercle autour de ce diametre, mettez la regle sur ledit point C, & sur le second point de division du diametre, pour tirer une ligne qui coupera la circonference du cercle au-dessous du diametre au point D, l'arc AD sera à peu près la cinquiéme partie de ladite circonference; c'est pourquoi l'ouverture AD divisera le cercle en cinq également, & tirant cinq lignes droites, on aura le pentagone proposé. *V. Planche.* Fig. 1.

Cette méthode est generale pour faire toutes sortes de polygones reguliers; car pour faire, par exemple, un eptagone, il n'y a qu'à diviser en sept le diametre AB, c'est-à-dire, en autant de parties, que la figure doit avoir de côtez, & tirer toujours la ligne du point C par le second point de division du diametre.

Pour ce qui est de l'exagone, la construction en est plus simple, puis-

que, sans aucune preparation, le rayon, ou demi-diametre du cercle, divise la circonference en six parties égales.

Pour le dodecagone, il n'y a qu'à subdiviser en deux parties égales l'arc de l'exagone.

De même, pour le decagone, il faut diviser en deux l'arc du pentagone.

Ce problême est à peu près le même que celui qui est décrit au chapitre 17 du premier livre des Fortifications du Chevalier de Ville, excepté que pour diviser le cercle, il tire une ligne de l'angle exterieur du triangle équilateral par le premier point de division du diametre, & qu'ensuite il double l'arc du cercle; mais par ce moyen il s'éloigne davantage de l'exactitude : car, par exemple, en la description du pentagone, l'angle du centre est trop grand de quarante-quatre minutes, à l'eptagone il est trop grand d'un degré cinq minutes; & ainsi l'erreur s'augmente aux polygones qui ont plus de côtez : au lieu que faisant passer cette ligne par le second point de division du diametre, l'angle au centre du pentagone n'est trop petit que d'environ deux minutes; & à l'eptagone, il est trop grand de six minutes, qui sont des erreurs beaucoup moindres, & presqu'insensibles dans l'inscription de ces polygones.

USAGE XVIII.

Par trois points donnez faire passer la circonference d'un cercle, pourvû qu'ils ne soient pas en ligne droite.

Fig. 2. SOient les trois points donnez A, B, C; du point A au point B tirez une ligne, & du point B au point C une autre : divisez-les en deux également par les lignes DE, FG, lesquelles se rencontreront au point H, qui sera le centre du cercle : du point H pour centre, & de l'intervalle HA, ou HB, ou HC, décrivez le cercle.

Par cette methode on acheve une circonference commencée, en y prenant trois points, comme seroient les trois points A, B, C, & faisant le reste comme ci-devant.

USAGE XIX.

Trouver le centre d'un cercle.

Fig. 3. SOit le cercle donné ABCD, duquel il faut trouver le centre.

Tirez dans le cercle la ligne AB, divisez-la en deux également par la ligne CD, divisez la ligne CD en deux par la ligne EF, laquelle coupera la ligne CD au point G, qui sera le centre du cercle.

USAGE XX.

Tracer une ligne droite égale à la circonference d'un cercle, & faire une circonference de cercle égale à une ligne droite proposée.

Fig. 4. SOit le cercle donné ABCD, dont on veut reduire la circonference en ligne droite; portez sur une ligne droite trois fois le diametre du cercle, & de plus une septiéme partie du même diametre qu'il y faut ajouter.

ajouter. La ligne G H sera à peu près égale à ladite circonferencc : nous disons à peu près, car c'est en cela que consiste la quadrature du cercle, laquelle n'a point encore été trouvée geometriquement.

Si la ligne G H étoit donnée pour la réduire en circonference, il la faudroit diviser en vingt-deux parties égales, & en prendre sept pour le diametre du cercle, ou trois & demi pour son rayon.

USAGE XXI.

Décrire une ovale sur une ligne donnée.

Soit A B la ligne droite donnée, sur laquelle il faut décrire une ovale. Fig. 5.

Divisez-la en trois parties égales, aux points C & D ; sur la partie C D décrivez des triangles équilateraux, dont vous prolongerez les côtez ; des points C & D, & intervalle C A, D B, décrivez des portions de cercle jusqu'aux côtez des triangles, prolongez aux points E F & G H ; des points I & K pour centre, & pour rayon la grandeur I E, ou I G décrivez l'arc E G d'une part, & l'arc F H de l'autre, vous aurez une ovale.

On en peut tracer d'autres plus grandes ou plus petites par cette même maniere, comme on le peut voir par celles qui sont marquées de points dans la même figure.

USAGE XXII.

Décrire une ellipse mathematique, dont les deux axes ou diametres sont donnez.

Soit le grand axe A B, & le petit axe C D, se coupans par le milieu à angles droits au point G. Fig. 6.

Prenez avec un compas, ou un cordeau, la grandeur de la moitié du grand axe, c'est-à-dire, A G, ou G B ; portez cette ouverture en C, & de ce point, comme centre, décrivez un arc de cercle, qui coupera le grand axe d'un côté en E, & de l'autre en F ; ces points E & F seront les foyers, ausquels il faudra mettre de petits points comme des têtes d'épingle ou des piquets, si le plan est assez grand, comme seroit un jardin : attachez aux points E & F un cordeau égal au grand axe, dont le milieu passera par le point C. Mettez dans le pli que fait ce cordeau un crayon ou un piquet, que vous ferez mouvoir, en bandant regulierement le cordeau jusqu'à ce que vous ayez parcouru les extremitez des diametres proposez.

On appelle ordinairement cette figure l'ovale du jardinier, & c'est la plus simple & la plus facile de toutes les methodes pour décrire une ovale, mais il faut que le plan soit assez grand.

Si l'on augmente ou diminue la longueur de la corde, sans changer la distance des foyers, on aura des ellipses d'une autre espece. De même, si sans changer la longueur de la corde, on diminuoit la distance des foyers, on auroit encore des ellipses d'une autre espece ; & si à force de les approcher, on les joint tout-à-fait, on décrira un cercle. Mais si l'on augmente ou diminue la longueur du grand diametre & de la corde qui

est égale en même proportion que la distance des foyers, on tracera des ellipses toutes de même espece, quoique differentes en grandeur.

Autre maniere de tracer l'ellipse.

Fig. 7. Les deux foyers E, F, étant marquez comme en la figure precedente, on trouvera autant de points qu'on voudra dans la circonference de l'ellipse, en cette sorte. Ouvrez le compas à discretion, mais un peu davantage que de la distance A F, comme par exemple, de la grandeur A I, mettez une des pointes du compas au foyer F, & de l'autre pointe tracez l'arc O R; ouvrez ensuite le compas de la distance I B, qui est le reste du grand axe, posez une de ses pointes à l'autre foyer E, & de cette ouverture tracez l'arc S T, le point d'interfection P de ces deux arcs donnera un des points de la circonference de l'ellipse. Faisant le même des ouvertures de compas A L, L B, on aura le point d'intersection H, en traçant toujours des foyers F & E. Enfin ouvrant le compas de differentes grandeurs, on aura tant d'autres points qu'on voudra dans la circonference, lesquels étant joints par une ligne courbe, l'ellipse sera achevée.

Il est à remarquer que chaque ouverture de compas sert à trouver quatre points en distance égale des axes. Si d'un point pris à volonté dans la circonference de l'ellipse, on tire deux lignes droites jusqu'aux foyers F, E, ces deux lignes P F & P E jointes ensemble, sont égales à son grand axe A B, comme il se voit par la même figure.

USAGE XXIII.

Faire une figure égale & semblable à une autre.

Fig. 8. Soit la figure proposée A B C D E, à laquelle on en veut faire une égale & semblable.

Divisez-la en triangles par les lignes A C, A D; tirez ensuite la ligne *a b*, égale à A B; du point *b* & grandeur B C décrivez un arc; du point *a* & grandeur A C, décrivez un autre arc, coupant le precedent au point *c*: tirez la ligne *b c*, faites le même pour tous les autres côtez, & la figure *a b c d e* sera semblable à la proposée A B C D E.

USAGE XXIV.

Reduire des figures de grand en petit, & de petit en grand.

Fig. 9. On donne ici plusieurs manieres de réduire les plans, parce que cela est d'un grand usage; chacun prendra celle dont il s'accommodera le mieux.

Premierement, on peut réduire une figure, en prenant un point en dedans, & tirant des lignes à tous les angles. Soit pour exemple la figure A B C D E proposée à réduire en petit.

Prenez le point F environ dans le milieu de la figure, tirez des lignes à tous les angles A B C D E, menez la ligne *a b* parallele à la ligne A B, la ligne *b c* parallele à B C, & ainsi des autres; & vous aurez la figure *a b c d e* semblable, mais plus petite que la figure A B C D E.

Si l'on veut avoit une figure plus grande, il n'y a qu'à prolonger les lignes tirées du centre de la figure, & mener des paralleles à ses côtez.

Reduire la figure par l'échelle.

MEsurez tous les côtez de la figure proposée ABCDE avec son échelle GH; ayez une échelle plus petite KL qui contienne autant de parties égales que la grande. Faites le côté *ab* d'autant de parties de la petite échelle, que le côté AB en contient de la grande. Faites *bc* d'autant de parties que BC, *ac* d'autant que AC, & ainsi des autres côtez, vous aurez votre figure réduite en petit. Fig. 10.

Pour la réduire de petit en grand, on fera une échelle plus grande que celle de la figure proposée, & le reste se fera de la même maniere.

Reduire les plans par l'angle de proportion.

SOit la figure proposée ABCDE, qu'il faut diminuer en même proportion que la ligne AB est à la ligne *ab*. Fig. 11.

Tirez la ligne indefinie GH, prenez la grandeur AB, & la portez de G en H; du point G décrivez l'arc HI; prenez la grandeur du côté donné *ab*, pour être la corde de l'arc HI, tirez la ligne GI, l'angle IGH donnera toutes les mesures du plan qu'on s'est proposé de reduire; car pour avoir le point C, prenez la grandeur BC, & du point G décrivez l'arc KL. Prenez la corde KL, & du point *b* comme centre décrivez un petit arc. Prenez la grandeur AC, & du point G décrivez l'arc MN, & du point *a* décrivez un arc de cercle qui coupera le precedent au point C, qui sera celui qu'il faut avoir pour tirer le petit côté *bc*. Faites la même chose pour tous les autres angles & côtez de la figure.

Si vous voulez par cette maniere réduire de petit en grand, vous ferez la même chose; mais il faut que le côté de la figure qu'on veut augmenter, soit moindre que le double de celui qui lui répond. Si vous voulez, par exemple, réduire en grand la figure *abcde*, il faut que le côté AB de la grande soit moindre que le double du côté *ab* de la petite; car s'il étoit double les deux lignes qui doivent former l'angle IGH, se rencontreroient directement, & feroient une ligne droite.

Reduire une figure par les quarreaux.

CEtte maniere de réduire sert particulierement pour copier une carte, & pour l'augmenter, ou diminuer.

Soit pour exemple la carte ABCD à réduire en petit; divisez-la par quarreaux; faites une semblable figure *abcd* qui soit plus petite; divisez-la en autant de quarreaux, mais plus petits, & dessinez dans chaque quarreau de la petite figure ce qui est en chaque quarreau correspondant de la grande figure, & vous aurez une carte plus petite. Plus il y aura de quarreaux, plus la figure sera juste. Fig. 12.

CHAPITRE II.

De la construction & usage de l'équerre.

De la III. Planche. Fig. D.

L'Equerre est un instrument qui sert à élever des perpendiculaires, & à connoître si une ligne tombe perpendiculairement sur une autre. Elle est composée de deux regles de cuivre ou autre métal, assemblées de telle maniere, qu'elles forment un angle droit. Il s'en fait où les deux regles ou branches sont attachées fixement, & d'autres qui s'ouvrent & se ferment par le moyen d'une charniere qui doit être bien juste, afin qu'elle ne vacille point, & qu'elle conserve toujours son angle droit.

On ajuste pour cela dans un petit canal fait à l'angle d'une des branches de l'équerre trois charnons ou petits bouts de cylindre, coupez bien droits, d'une longueur & grosseur convenables à la largeur & épaisseur de l'équerre. Ces charnons doivent être éloignez l'un de l'autre de maniere qu'ils puissent recevoir juste deux autres charnons qui sont ajustez de même à l'autre branche de l'équerre. Ces charnons étant ainsi arrêtez, on les soude aux branches & ensuite on les unit l'un à l'autre par le moyen d'une goupille qui remplisse juste le trou des charnons, afin que le mouvement soit ferme.

Il y a des équerres où l'on met un fil avec un petit plomb, pour servir de niveau, c'est-à-dire, pour mettre un plan horisontalement.

On met souvent sur un des côtez de l'équerre plusieurs mesures ou échelles, & sur l'autre un demi-pied divisé en six pouces, dont un est subdivisé en douze lignes. On y ajoute quelquefois plusieurs mesures étrangeres, dont on connoît le rapport avec le pied de Paris.

USAGE PREMIER.

Elever d'un point donné une ligne perpendiculaire sur une ligne donnée.

V. Planche. Fig. 13.

Soit la ligne donnée A B, & le point donné C dans la ligne ou hors la ligne.

Appliquez un des côtez de l'équerre sur la ligne donnée, en telle sorte que l'autre côté touche le point donné, & tirez la ligne CD, elle sera perpendiculaire. Si l'on retourne l'équerre, en remettant dessus ce qui étoit dessous, & que l'on tire une autre ligne CD, on connoîtra si l'équerre est bien juste; car en ce cas ces deux lignes tirées par le point C, ne seront qu'une seule & même ligne.

USAGE II.

Connoître si une ligne est perpendiculaire sur une autre; c'est-à-dire, si elles font un angle droit.

Appliquez un des côtez de l'équerre sur une des lignes, & voyez si l'autre côté correspond justement à l'autre ligne, comme on voit

en la même figure. Ces pratiques sont aisées à faire, c'est pourquoi on n'en fait pas un long discours.

CHAPITRE III.

De la construction & des usages du rapporteur.

LE rapporteur est un demi-cercle divisé en 180 degrez, d'autant que le cercle se divise en 360 degrez, comme il a été dit dans les définitions.

Il doit être limé plat d'un côté, pour être mieux appliqué sur le papier, & l'autre côté doit être en talu, c'est-à-dire mince sur le bord où est la division. Le centre doit être marqué par une petite hoche demi circulaire, afin de mieux découvrir le point où doit aboutir la pointe de l'angle.

De la III. Planche. Fig. E.

Methode pour faire cette division.

SUr la ligne AB & du centre O, décrivez un demi-cercle, portez le rayon ou demi-diametre AO autour de la circonference, il la divisera en trois arcs égaux de 60 degrez chacun aux points C & D, parce que le rayon d'un cercle est contenu six fois en sa circonference. Divisez l'arc BC en deux également au point E, l'arc BE sera de 30 degrez, & tournant cette ouverture autour du demi-cercle, il sera divisé en six arcs égaux. Divisez-les encore en trois parties égales, chacune sera de dix degrez. Divisez chaque dixaine en deux, vous aurez des arcs de cinq degrez chacun; & enfin subdivisant chacun de ces derniers arcs en cinq, tout le demi-cercle sera divisé en 180 degrez.

De la III. Planche. Fig. F.

C'est de la même maniere qu'on peut diviser tout le cercle en 360 degrez; nous en parlerons encore dans la suite. On fait aussi quelquefois des rapporteurs de corne; il sont assez commodes, en ce qu'ils sont transparens; mais il faut les tenir dans un livre, quand on ne s'en sert pas, afin que la corne ne se ride point.

USAGE PREMIER.

Faire des angles de telle grandeur que l'on veut.

SOit par exemple, proposé de faire au point A un angle de 50 degrez sur la ligne CAB.

De la V. Planche. Fig. 14.

Mettez le centre du rapporteur qui est marqué par une petite cavité sur le point A, en telle sorte que le diametre du demi-cercle soit sur la ligne AB. Marquez un point de crayon vis-à-vis le cinquantiéme degré, & de ce point tirez au point A une ligne, elle fera avec la ligne AB un angle de cinquante degrez.

USAGE II.

L'angle BAD étant donné, savoir ce qu'il contient de degrez.

Fig 14. METTEZ le centre du rapporteur au point A, & son rayon sur le côté BC; remarquez à quel degré la ligne AD coupe la circonference, vous connoîtrez que l'angle BAD est de 50 degrez.

USAGE III.

Pour inscrire dans un cercle tout polygone regulier.

Fig. 15. POUR cette operation, il faut connoître de combien de degrez est l'angle du centre de chaque polygone regulier: ce qui se trouve en divisant 360 degrez de la circonference du cercle par le nombre des côtez du polygone proposé. Ainsi par exemple, divisant 360 par 5, le quotien 72 fait voir que l'angle du centre d'un pentagone est de 72 degrez. En divisant 360 par 8, le quotien 45 fait connoître que l'angle du centre d'un octogone est de 45 degrez, & ainsi des autres.

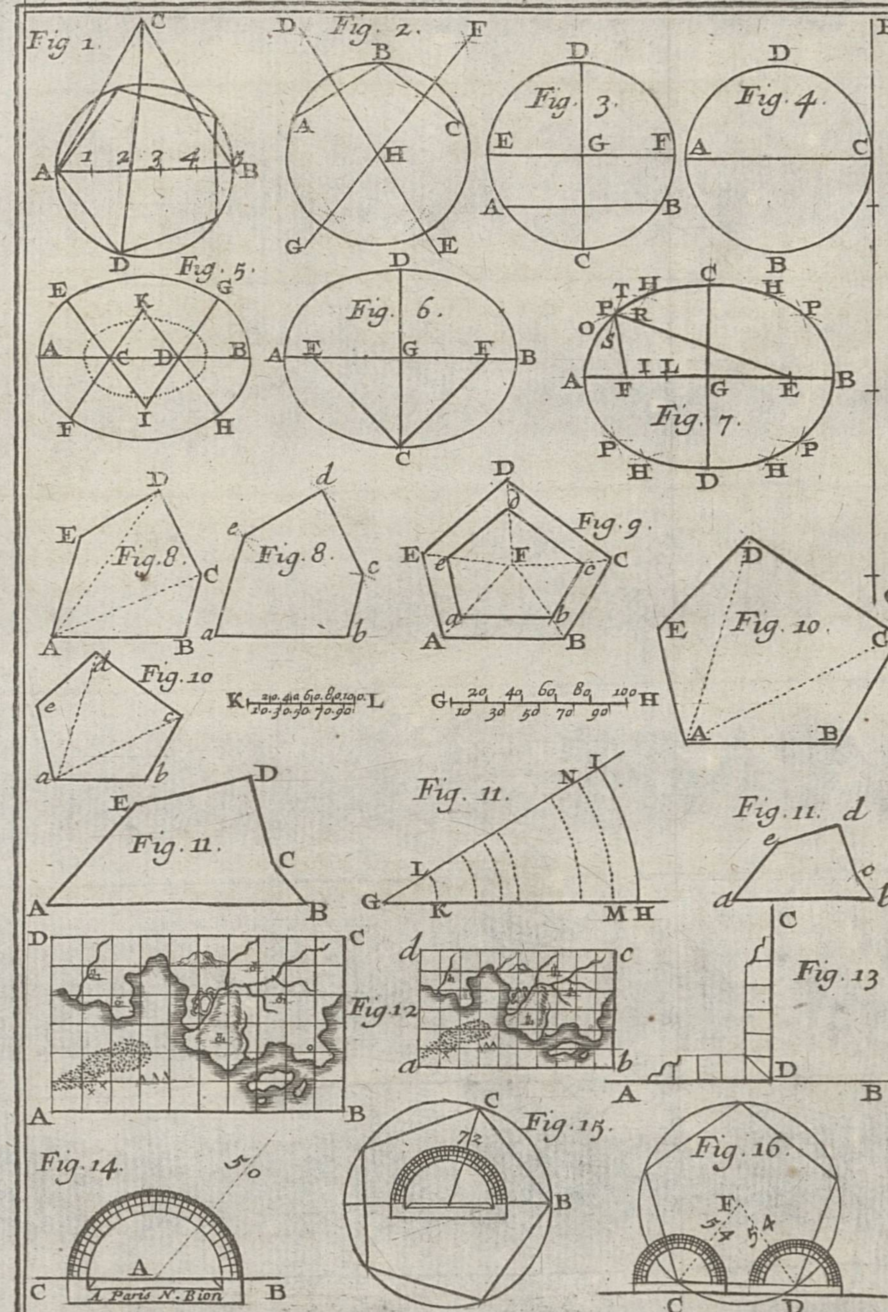
En connoissant l'angle du centre, on trouve l'angle formé par les deux côtez du polygone, en ôtant de 180 degrez l'angle du centre. Ainsi ôtant de 180 degrez l'angle du centre d'un pentagone qui est de 72 degrez, reste 108 pour l'angle du polygone, c'est-à-dire, l'angle formé par les deux côtez dudit pentagone.

De même ôtant de 180 l'angle du centre d'un octogone, qui est 45 degrez, restent 135 pour son angle de polygone.

C'est pourquoi si l'on propose d'inscrire un pentagone dans un cercle, mettez le centre du rapporteur au centre du cercle, & faisant convenir le diametre du rapporteur avec le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis les 72 degrez de la circonference du rapporteur, lequel étant ôté, tirez une ligne du centre du cercle par ce point que vous avez marqué, jusqu'à ce qu'elle coupe la circonference au point C. Prenez avec le compas l'ouverture de l'arc BC, elle divisera le cercle en cinq parties égales, & tirant cinq lignes le pentagone sera inscrit.

S'il s'agit de faire un eptagone, divisez trois cens soixante par sept, le quotien 51 degrez, & trois septiémes, fait voir que l'angle du centre doit être de 51, & à peu près & demi. C'est pourquoi ayant placé le rapporteur au centre & sur le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis 51 degrez & demi de la circonference du rapporteur, la ligne tirée du centre du cercle par ce point marquera sur la circonference la septiéme partie du cerc le; après quoi il sera facile d'achever l'eptagone.

Il y a des rapporteurs, sur lesquels sont gravez des nombres qui marquent les polygones reguliers, pour épargner la peine de faire les divisions. Le nombre cinq qui signifie le pentagone est marqué vis-à-vis 72 degrez de la circonference, le nombre six qui signifie l'exagone est marqué vis-à-vis 60 degrez; le nombre sept qui signifie l'eptagone, est marqué vis-à-vis les 51 degrez & demi, &c.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
A Paris N. Bion

USAGE IV.

Pour décrire sur une ligne donnée tout polygone regulier.

Soit la ligne donnée C D, sur laquelle on veut décrire un pentagone. Fig. 16.

Nous avons enseigné dans l'usage precedent le moyen de connoître les angles de tous les polygones reguliers; & comme celui que font les deux côtez du pentagone est de 108 degrez, sa moitié 54 sera le demi-angle du pentagone, & servira à le décrire en la maniere suivante.

Posez le diametre du rapporteur sur la ligne C D, & son centre à l'extremité D. Marquez un point vis-à-vis les 54 degrez de sa circonference, & tirez la ligne D F faisant un angle de 54 degrez avec la ligne C D. Transportez le centre du rapporteur à l'autre extremité C, pour y faire pareillement un angle de 54 degrez, en tirant la ligne C F; le point F où ces deux lignes se rencontrent, sera le centre d'un cercle que vous tracerez en ouvrant le compas de la grandeur C F. Prenez ensuite la grandeur de la ligne donnée C D, pour diviser en cinq la circonference du cercle, & tirant cinq lignes, le pentagone sera décrit. Fig. 16.

Si l'on propose de décrire un octogone sur une ligne donnée, ayant reconnu que son angle de polygone est de 135 degrez, prenez-en la moitié, 67 degrez & demi, & faites un angle de pareil nombre de degrez à chaque extremité de la ligne donnée, pour y faire un triangle isoscele, dont le sommet sera le centre d'une circonference, que vous diviserez en huit, en y appliquant huit fois la ligne donnée, & l'octogone sera formé.

On peut faire, avec les instrumens dont nous venons de parler, quantité d'autres operations, suivant les differens sujets; mais on s'est contenté d'y rapporter les plus utiles, & les plus ordinaires.

Fin du premier Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DU COMPAS DE PROPORTION.

LIVRE SECOND.

CHAPITRE PREMIER.

De la Construction du Compas de Proportion.

LE compas de proportion eſt un inſtrument de Mathematique, ainſi nommé, parce qu'il ſert à connoître les proportions entre les quantitez de même eſpece, comme entre une ligne & une autre ligne, entre une ſurface & une autre ſurface, entre un ſolide & un autre ſolide, &c.

Il eſt fait de deux Regles égales de cuivre, d'argent ou d'autre matiere ſolide, jointes enſemble par un clou & une charniere, tellement travaillée, que le mouvement en ſoit égal & uniforme ; ce qui ſe fait en fendant avec une ſcie la regle où eſt la tête, environ un pouce de long, pour y ajuſter une lame de laiton qu'on rive fortement par le moyen du clou. On arrondit enſuite la tête, en limant tout ce qui déborde ; en ſorte que le ſimple & la tête ſoient à l'uni l'un de l'autre. Il s'agit preſentement de trouver le centre du clou. Il faut pour cela mettre une pointe de compas au bas de la lame qui ſert de charniere ; puis marquer quatre ſections

ſections avec l'autre pointe du compas au milieu du clou en tournant le ſimple de la charniere à quatre côtez oppoſez. Le point milieu ſera le centre du clou, & par conſequent celui du compas de proportion. On tire enſuite une ligne du centre au long de la regle, pour limer juſte l'excedent, & dreſſer bien droite ladite regle ; & c'eſt ainſi qu'on met le compas de proportion au centre. L'autre regle étant auſſi dreſſée en dedans, & fendue pour recevoir le ſimple de la charniere, on creuſe le bout en demi cercle concave, de maniere qu'il joigne bien autour de la tête, puis on rive le ſimple à cette regle avec trois ou quatre petits clous, afin que ces deux regles, que l'on nomme les jambes du compas de proportion, ſe puiſſent ouvrir & fermer facilement, & reſter à telle ouverture que l'on peut en avoir beſoin pour mettre les uſages en pratique. Mais il faut avoir bien ſoin, en le conſtruiſant, que les jambes ſoient limées bien plates, & ne faſſent pas ce qu'on appelle l'aîle de moulin. Il faut auſſi prendre garde que le compas ſoit bien au centre, c'eſt-à-dire qu'étant ouvert entierement, il ne faſſe qu'une ligne droite en dedans comme en dehors, & que les jambes ſoient bien égales d'épaiſſeur & de largeur; en un mot qu'il ſoit bien droit en tous ſens. La longueur & largeur deſdites regles n'eſt pas déterminée, mais on donne pour l'ordinaire ſix pouces de long, ſix à ſept lignes de large & environ deux lignes d'épaiſſeur à chaque jambe des compas de proportion que l'on deſtine pour travailler dans le cabinet. On en fait de plus petits, pour être commodément portez dans la poche, comme auſſi de plus grands, pour travailler ſur le terrain, dont on proportionne la largeur & épaiſſeur.

On a coutume d'y tracer ſix ſortes de lignes; ſavoir la ligne des parties égales, celle des plans & celle des polygones, d'un côté; la ligne des cordes, celle des ſolides, & celle des metaux, de l'autre côté des jambes dudit compas, en la maniere que nous allons expliquer.

On met encore ordinairement ſur le bord du compas de proportion d'un côté une ligne diviſée, qui ſert à connoître le calibre des canons, & de l'autre côté une ligne qui ſert à connoître le diametre, & le poids des boulets de fer, depuis un quart juſqu'à ſoixante-quatre livres, dont nous donnerons la conſtruction & les uſages, en parlant des inſtrumens pour l'artillerie.

SECTION PREMIERE.

De la ligne des parties égales.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle eſt diviſée en parties égales, dont le nombre eſt ordinairement 200, lorſqu'elle eſt de ſix pouces de long.

I. Planche. Fig. 1.

Ayant tiré ſur une des ſurfaces de chaque jambe les lignes égales AB depuis le point A, qui eſt le centre de la charniere du compas, & par conſequent le centre de ſon mouvement, qui a été trouvé de la maniere que nous avons dit ci-devant, excepté qu'on fait les ſections ſur la tête, en poſant le compas au bout de la branche du ſimple; pour la conſtruire, diviſez premierement les lignes A B en deux parties égales, qui ſeront par conſequent de 100 parties chacune. Diviſez encore chacune de ces deux

parties égales en deux autres, dont chacune sera de 50. Divisez ensuite chacune de ces parties en cinq, dont chacune vaudra dix, & chacune de ces nouvelles parties en deux; & enfin chacune de ces dernieres en cinq parties égales : & par ce moyen lesdites lignes se trouveront divisées en deux cens parties égales, que vous distinguerez de cinq en cinq par des petites lignes, & y mettrez les chifres de dix en dix seulement, en commençant du centre A, jusqu'à l'autre extremité, où vous mettrez le nombre 200.

Comme les deux autres lignes, qui sont à tracer sur les mêmes surfaces de chaque jambe, doivent toutes aboutir au même centre A, il faut que l'extremité B de la ligne des parties égales, soit tirée le plus près que l'on pourra des bords exterieurs de chaque jambe, y laissant pourtant une petite distance pour placer les chifres, afin d'avoir place pour tirer la ligne des plans au milieu de la largeur desdites jambes, & la ligne des polygones vers leurs bords interieurs; mais il faut bien prendre garde, en tirant ces lignes, que chacune des correspondantes soit également distante des bords interieurs de chaque jambe : le tout, comme il est aisé de voir en la planche sixiéme.

SECTION II.

De la ligne des plans.

VI. Planche. Fig. 1.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les côtez homologues d'un certain nombre de plans semblables, multiples du plus petit, commençant par le centre A, c'est-à-dire, dont les surfaces contiennent deux fois, trois fois, quatre fois, &c. celle du plus petit plan depuis l'unité, suivant l'ordre naturel des nombres, jusqu'à soixante-quatre, qui est ordinairement le plus grand terme des divisions, que l'on marque sur ladite ligne marquée A C.

La division de cette ligne se peut faire en deux manieres fondées sur la vingtiéme proposition du sixiéme livre d'Euclide, qui démontre que les plans semblables sont entre eux comme les quarrez de leurs côtez homologues.

La premiere maniere se fait à l'aide des nombres, & la seconde maniere sans nombres, comme nous allons l'expliquer.

Ayant tiré la ligne A C depuis le centre A jusqu'aux extremitez C des jambes du compas de proportion, divisez-la premierement en huit parties égales, dont la premiere du côté du centre A, qui represente le côté du plus petit plan, n'a pas besoin d'être tracée jusqu'au centre. La seconde, qui est double de la premiere, est le côté d'un plan quatre fois plus grand que le premier petit plan, parce que le quarré de deux est quatre.

La troisiéme division, qui contient trois fois la premiere, est le côté d'un plan neuf fois plus grand que le premier, parce que le quarré de trois est neuf.

La quatriéme division, qui contient quatre fois la premiere, qui par consequent est la moitié de toute ladite ligne, est le côté d'un plan seize fois plus grand que le premier, parce que le quarré de quatre est seize. Enfin, pour abreger, la huitiéme & derniere division, qui contient huit

fois le côté du petit plan, eſt le côté d'un plan ſemblable, ſoixante-quatre fois plus grand, parce que le quarré de huit eſt ſoixante-quatre.

Il y a un peu plus de façon à trouver les côtez homologues des plans doubles, triples, quintuples, &c. du plus petit plan. Suivant la premiere methode, qui ſe fait par les nombres, il faut avoir une échelle diviſée en mille parties égales, comme celle qui eſt repreſentée en la même planche, dont nous avons ci-devant donné la conſtruction en la page 12me.

VI. Planche. Fig. 2.

Ladite échelle doit être égale à la ligne entiere A C; & comme le côté du plus petit plan eſt la huitiéme partie de ladite ligne, il ſera par conſequent de 125, qui eſt la huitiéme partie de 1000. Enſuite, pour avoir en nombres le côté d'un plan double du plus petit, il faut chercher la racine quarrée d'un nombre double du quarré de 125. Ce quarré eſt 15625, le double eſt 31250, & la racine quarrée de ce nombre, qui eſt environ 177, eſt le côté d'un plan double du plus petit plan, dont le côté a été ſuppoſé de 125. De même pour avoir le côté d'un plan qui contienne trois fois le premier, il faut chercher la racine d'un nombre qui contienne trois fois le quarré de 125. Ce nombre eſt 46875, & ſa racine qui eſt environ 216, eſt le côté d'un plan triple du plus petit, & ainſi des autres. C'eſt pourquoi en portant depuis le centre A ſur la ligne des plans 177 parties de ladite échelle, on aura la longueur du côté d'un plan double du plus petit. Portant enſuite 216 parties de la même échelle depuis ledit centre A, on aura la longueur du côté d'un plan qui contiendra trois fois le plus petit plan.

C'eſt par ce moyen que l'on a calculé la table ſuivante, qui marque le nombre des parties égales que contiennent les côtez homologues de tous les plans ſemblables, doubles, triples, quadruples, &c. d'un plan dont le côté eſt 125, juſqu'au 64 plan, c'eſt-à-dire, qui le contient ſoixante-quatre fois, & dont le côté eſt de mille parties.

Table pour la ligne des plans.

1	125	17	515	33	718	49	875
2	177	18	530	34	729	50	884
3	216	19	545	35	739	51	892
4	250	20	559	36	750	52	901
5	279	21	573	37	760	53	910
6	306	22	586	38	770	54	918
7	330	23	599	39	780	55	927
8	353	24	612	40	790	56	935
9	375	25	625	41	800	57	944
10	395	26	637	42	810	58	952
11	414	27	650	43	819	59	960
12	433	28	661	44	829	60	968
13	450	29	673	45	839	61	976
14	467	30	684	46	848	62	984
15	484	31	696	47	857	63	992
16	500	32	707	48	866	64	1000

Chacun des dix espaces que contient la regle de 1000 parties, en vaut cent, & chacune des subdivisions de la ligne A B en vaut dix. C'est pourquoi si l'on veut s'en servir pour diviser quelqu'une des lignes du compas de proportion, comme, par exemple, la ligne des plans, on choisira sur l'échelle la ligne marquée du nombre des centaines, & ce qui surpassera, se doit prendre dans l'espace entre les lignes A B, comme si par exemple on veut marquer le premier plan, auquel répond le nombre 125, on portera le compas commun sur la cinquiéme ligne de l'espace qui est marqué 100, & on l'ouvrira de la distance O P. De la même façon, si on veut marquer le 50 plan auquel répond le nombre 884, à cause des 800 on prendra le huitiéme espace de la regle où est marqué 800, & à cause des 84, on prendra dans l'espace A B l'intersection de la huitiéme transversale, & de la quatriéme parallele qui sera la distance N L.

Fig. 5. On peut encore diviser la ligne des plans sans calcul en la maniere suivante fondée sur la 47 proposition du premier livre d'Euclide. Faites le triangle isoscele rectangle K M N, dont le côté K M ou K N soit égal au côté du plus petit plan, l'hypotenuse M N sera le côté d'un plan semblable double du premier. C'est pourquoi ayant porté avec le compas commun l'intervalle M N sur le côté K L prolongé autant qu'il en sera besoin depuis K jusqu'en 2, la longueur K 2 sera le côté d'un plan double du plus petit. Portez de même l'intervalle M 2 depuis K jusqu'en 3, la ligne K 3 sera le côté d'un plan triple du premier. Portez ensuite l'intervalle M 3 depuis K jusqu'en 4, la ligne K 4, qui doit être double de K M, sera le côté d'un plan quatre fois plus grand, c'est-à-dire, qui contiendra quatre fois le petit plan, & ainsi de suite, comme on voit en ladite figure cinquiéme.

SECTION III.

De la ligne des polygones.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les côtez homologues des dix premiers polygones reguliers inscrits dans un même cercle, c'est-à-dire, depuis le triangle équilateral jusqu'au dodecagone.

Le côté du triangle étant le plus grand de tous, doit être de la longueur de chaque jambe du compas de proportion ; & comme les côtez des autres polygones reguliers inscrits dans le même cercle, diminuent à mesure qu'ils ont plus de côtez, celui du dodecagone est le plus petit, & par consequent doit être plus proche du centre dudit compas.

Supposant donc le côté du triangle de mille parties, il faut trouver la longueur des côtez de chacun des autres polygones ; & comme les côtez des polygones reguliers inscrits dans un même cercle, sont en même proportion que les cordes ou sous-tendantes des angles du centre de chacun de ces polygones, il est à propos de rapporter ici le moyen de connoître ces angles.

Pour cet effet, il faut diviser le nombre de 360 degrez que contient la circonference entiere du cercle, par le nombre des côtez de chaque polygone, le quotien de la division marquera le nombre de degrez que contient l'angle du centre.

Si, par exemple, on veut avoir l'angle du centre d'un exagone ou figure

de six côtez, en divisant 360 par six, le quotien sera 60 : ce qui signifie que l'angle du centre de l'exagone est de 60 degrez. Si pareillement on veut avoir l'angle du centre d'un pentagone, ou figure de cinq côtez, en divisant 360 par cinq, le quotien sera 72 : ce qui marque que l'angle du centre d'un pentagone, est de 72 degrez, & ainsi des autres.

L'angle du centre étant connu, si on le soustrait de 180 degrez, restera l'angle du polygone. Comme, par exemple, l'angle du centre d'un pentagone étant de 72 degrez, l'angle de la circonference dudit pentagone est de 108 degrez, & ainsi des autres, comme il se voit dans la table suivante.

Polygones reguliers.	*Angles du centre.*		*Angles à la circonference.*	
Triangle	120 d.		60 d.	
Quarré	90		90	
Pentagone	72		108	
Exagone	60		120	
Eptagone	51	26 m.	128	34 m.
Octogone	45		135	
Enneagone	40		140	
Decagone	36		144	
Endecagone	32	44	147	16
Dodecagone	30		150	

Pour trouver en nombre les côtez desdits polygones reguliers inscriptibles dans un même cercle, ayant supposé celui du triangle équilateral de mille parties égales, au lieu des cordes ou soustendantes des angles du centre, on peut prendre les moitiez des mêmes cordes, qui sont les sinus de la moitié des angles de leurs centres, & faire l'analogie suivante.

Pour trouver, par exemple, le côté du quarré.

Comme le sinus de 60 degrez, moitié de l'angle du centre du triangle équilateral, est au côté du même triangle supposé mille ; ainsi le sinus de 45 degrez, moitié de l'angle du centre du quarré, sera au côté du même quarré, qui se trouvera par le calcul de 816.

C'est de cette maniere qu'a été construite la table suivante des polygones.

Côté du triangle équilateral marqué sur le compas de proportion par le nombre (3)		*Parties égales* 1000
Du quarré par le nombre	4	816
Du pentagone par le n.	5	678
De l'exagone par le n.	6	577
De l'eptagone par le n.	7	501
De l'octogone par le n.	8	442
De l'enneagone par le n.	9	395
Du decagone par le n.	10	357
De l'endecagone par le n.	11	325
Du dodecagone par le n.	12	299

Nous avons negligé les fractions restées après le calcul en cette table comme en toutes les autres, parce que n'étant que des milliémes parties, elles ne sont pas considerables.

Ceux qui ne voudront pas marquer le triangle équilateral ſur le compas de proportion, à cauſe de la facilité qu'il y a de le tracer, & qui par conſequent commenceront par le quarré, ſe ſerviront de la table ſuivante, où ſon côté eſt ſuppoſé de 1000 parties.

Autre table des polygones.	*Parties.*
Quarré	1000
Pentagone	831
Exagone	707
Eptagone	613
Octogone	540
Enneagone	484
Decagone	437
Endecagone	398
Dodecagone	366

De la VI. Planche. Fig. 1.

Pour marquer ſur le compas de proportion la ligne des polygones, on ſe ſervira de la même échelle de mille parties égales, qui a ſervi pour y tracer la ligne des plans; & l'on portera du centre A ſur la ligne AD de part & d'autre, le nombre des parties marquées dans la table, pour y graver les chifres 3, 4, 5, &c. qui ſignifient le nombre des côtez des polygones reguliers.

SECTION IV.

De la ligne des cordes.

Cette ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle comprend les cordes de tous les degrez du demi-cercle, qui a pour diametre la longueur de cette ligne, laquelle ſe marque ſur l'autre ſurface de chaque jambe du compas de proportion, depuis le point A, qui eſt le centre de ſa charniere, juſqu'à l'extremité F de chaque regle, de telle ſorte que les deux lignes A F ſoient parfaitement égales, & équi-diſtantes des bords interieurs.

Fig. 4.

Il eſt à remarquer que la ligne des cordes doit être directement tracée au-deſſous de celle des parties égales, à cauſe de quelques operations qui demandent de la correſpondance entre ces deux lignes.

Il eſt auſſi à propos que la ligne des ſolides ſoit tracée ſous celle des plans, & celle des metaux ſous celle des Polygones.

VI. Planche. Fig. 3.

Pour la diviſion de cette ligne décrivez un demi-cercle qui ait pour diametre la longueur de ladite ligne A F, diviſez-le en 180 degrez; portez enſuite la longueur des cordes de tous ces degrez, en les comptant de l'une des extremitez du diametre du demi-cercle, ſur leſdites jambes du compas, & marquez ſur chacune autant de points qui repreſenteront les degrez du demi-cercle que vous diſtinguerez par de petites lignes de cinq en cinq, & par des chifres de dix en dix, en commençant depuis le point A, centre de la charniere dudit compas de proportion juſqu'à F.

Ces mêmes degrez ſe peuvent encore marquer ſur la ligne des cordes par le moyen des nombres, en ſuppoſant le demi-diametre du cercle ou la corde de 180 degrez de 1000 parties égales. Ces nombres ſe trouvent tous calculez dans les tables ordinaires des ſinus; car au lieu des cordes, il n'y a

qu'à prendre leurs moitiez, qui sont les sinus de la moitié des arcs. Ainsi, par exemple, au lieu de la corde de dix degrez, il faut prendre le sinus de cinq degrez; & comme le calcul en est fait pour un rayon de 100000, il faut retrancher les deux derniers chifres, comme il se voit dans la table ci-dessous, où sont marquées les cordes de tous les degrez. Cette division se fait avec l'échelle de 1000 parties.

Table pour la ligne des cordes.

D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.
1	8	31	267	61	507	91	713	121	870	151	968
2	17	32	275	62	515	92	719	122	874	152	970
3	26	33	284	63	522	93	725	123	879	153	972
4	35	34	292	64	530	94	731	124	883	154	974
5	44	35	300	65	537	95	737	125	887	155	976
6	52	36	309	66	544	96	743	126	891	156	978
7	61	37	317	67	552	97	749	127	895	157	980
8	70	38	325	68	559	98	754	128	899	158	981
9	78	39	334	69	566	99	760	129	902	159	983
10	87	40	342	70	573	100	766	130	906	160	985
11	96	41	350	71	580	101	771	131	910	161	986
12	104	42	358	72	588	102	777	132	913	162	987
13	113	43	366	73	595	103	782	133	917	163	989
14	122	44	374	74	602	104	788	134	920	164	990
15	130	45	382	75	609	105	793	135	924	165	991
16	139	46	390	76	615	106	798	136	927	166	992
17	145	47	399	77	622	107	804	137	930	167	993
18	156	48	406	78	629	108	809	138	933	168	994
19	165	49	414	79	636	109	814	139	936	169	995
20	173	50	422	80	643	110	819	140	939	170	996
21	182	51	430	81	649	111	824	141	941	171	997
22	191	52	438	82	656	112	829	142	945	172	997
23	199	53	446	83	662	113	834	143	948	173	998
24	208	54	454	84	669	114	838	144	951	174	998
25	216	55	462	85	675	115	843	145	954	175	999
26	225	56	469	86	682	116	848	146	956	176	999
27	233	57	477	87	688	117	852	147	959	177	999
28	242	58	485	88	694	118	857	148	961	178	1000
29	250	59	492	89	701	119	861	149	963	179	1000
30	259	60	500	90	707	120	866	150	966	180	1000

SECTION V.

De la ligne des ſolides.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle comprend les côtez homologues d'un certain nombre de ſolides ſemblables, multiples du plus petit, depuis l'unité, ſuivant l'ordre naturel des nombres juſqu'à 64, qui eſt ordinairement le plus grand terme des diviſions de cette ligne, marquée A H proche la ligne des cordes.

Fig. 4.

Pour en faire la diviſion, on ſe ſert de l'échelle de 1000 parties, & l'on ſuppoſe le côté du ſoixante-quatriéme, & plus grand ſolide de 1000 parties égales; & comme la racine cubique de 64 eſt 4, & que celle d'un eſt 1, il s'enſuit que le côté du 64 ſolide contient quatre fois le côté du premier & plus petit ſolide, lequel par conſequent doit être de 250, puiſque les ſolides ſemblables ſont entre eux, comme les cubes de leurs côtez homologues.

Le nombre 500, double de 250, doit être le côté du huitiéme ſolide, c'eſt-à-dire, d'un ſolide huit fois plus grand que le premier, parce que le cube de 2, qui eſt 8, contient huit fois le cube de l'unité.

Pareillement le nombre 750, triple de 250 eſt le côté du vingt-ſeptiéme ſolide, parce que le cube de 3, qui eſt 27, contient vingt-ſept fois le cube d'un.

Il y a un peu plus de calcul à faire pour trouver les côtez des ſolides doubles, triples, quadruples, &c. du premier, leſquels ne peuvent pas même s'exprimer exactement par nombres, parce que leurs racines ſont incommenſurables; on peut néanmoins en approcher ſuffiſamment pour l'uſage, par la methode ſuivante.

Pour trouver, par exemple, le nombre qui exprime le côté d'un ſolide double du premier & plus petit, il faut cuber ſon côté 250, le cube eſt 15625000. Enſuite il faut doubler ce nombre, & en tirer la racine cubique, qui ſe trouvera à peu près 315, & qui ſera le côté d'un ſolide double. Pour avoir le côté d'un ſolide triple du premier, il faut tripler ce même nombre, & en tirer la racine cubique, qui ſe trouvera 360, & ainſi du reſte; le tout ſuivant qu'il eſt marqué en la table ci-jointe.

Table pour la ligne des ſolides.

1	250	17	643	33	802	49	914
2	315	18	655	34	810	50	921
3	360	19	667	35	818	51	927
4	397	20	678	36	825	52	933
5	427	21	689	37	833	53	939
6	454	22	700	38	840	54	945
7	478	23	711	39	848	55	951
8	500	24	721	40	855	56	956
9	520	25	731	41	862	57	962
10	538	26	740	42	869	58	967
11	556	27	750	43	876	59	973
12	572	28	759	44	882	60	978
13	588	29	768	45	889	61	984
14	602	30	777	46	896	62	989
15	616	31	785	47	902	63	995
16	630	32	794	48	908	64	1000

Les

Les côtez de tous ces solides étant ainsi trouvez en nombre, on les marquera sur ladite ligne des solides, en y portant depuis le centre A les parties qu'ils contiennent, prises sur l'échelle de 1000 parties.

SECTION VI.

De la ligne des métaux.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle sert à connoître la proportion qu'ont entre eux les six métaux, dont on peut faire des solides.

Elle se marque sur les jambes du compas de proportion à côté de la ligne des solides, & les métaux y sont figurez par les caracteres ci-joints, qui leur ont été appropriez par les Chymistes & Naturalistes.

La division de cette ligne est fondée sur les experiences qui ont été faites des differentes pesanteurs de masses égales de chacun de ces métaux, d'où l'on a calculé leurs proportions, comme on les voit marquées en la table ci-après.

Table pour la ligne des métaux.

Or	☉	730
Plomb	♄	863
Argent	☽	895
Cuivre	♀	937
Fer	♂	974
Etain	♃	1000

Avertissement.

Le moins pesant de tous ces métaux, qui est l'étain, sera marqué au bout de chaque jambe, comme ici A G, figure 4 à une distance du centre qui égale la longueur de toute l'échelle de 1000 parties, & les autres métaux plus proches dudit centre, chacun suivant les nombres qui leur conviennent, pris sur la même échelle.

De la VI. Planche. Fig. 4.

Comme la plupart des susdites lignes marquées sur le compas de proportion, se divisent par le moyen d'une échelle de 1000 parties égales, il faut qu'elles soient toutes parfaitement égales entre elles & à ladite échelle; c'est pourquoi, comme elles aboutissent toutes d'une part au même point, qui est le centre de la charniere, il faut qu'elles soient toutes terminées de l'autre part par un arc sur chaque face des regles qui forment ledit compas.

Il n'est pas toujours necessaire de diviser les compas de proportion par les methodes que nous venons de donner; car pour abregér le tems, on dispose une regle de la longueur, largeur & épaisseur des compas de proportion, & on y trace les mêmes lignes, que l'on divise très-exactement, suivant les regles que nous venons d'expliquer, puis on transporte avec un compas à coulice les mêmes divisions sur les compas de proportion, après y avoir tracé les lignes pour les contenir.

Nous avons dit qu'il se fait des compas de proportion de differentes grandeurs, mais les plus en usage sont ceux qui se mettent dans les étuis de Mathematique, de six pouces de long, d'autres que l'on met aussi dans des étuis de quatre pouces, & d'autres qui n'ont que trois pouces de long, que l'on nomme étuis de poche. On voit à peu près la figure de ces sortes d'étuis dans la planche sixiéme. Il s'en fait aussi qui ont neuf à dix pouces de longueur, où l'on met ordinairement des pinulles, & un genouil au compas de proportion, pour servir en campagne à lever les plans, mesurer les

distances & prendre les hauteurs; mais les demi-cercles ou cercles entiers sont plus commodes pour ces sortes d'operations.

SECTION VII.

Contenant les preuves des divisions des six lignes que l'on marque ordinairement sur le compas de proportion.

Preuve de la ligne des parties égales.

LA division de cette ligne est si facile, qu'elle n'a besoin d'aucune autre preuve, que celle d'examiner avec un compas commun si les deux lignes correspondantes, tracées sur les jambes du compas de proportion, sont bien égales & divisées également : ce que l'on connoîtra, en prenant avec un compas ordinaire, dont les pointes soient fines & déliées, tel nombre que l'on voudra de ces parties égales, commençant par où l'on jugera à propos. Car si cette ligne des parties égales est bien divisée, en portant sur ladite ligne l'ouverture du compas ainsi ouvert, ses deux pointes comprendront toujours le même nombre de parties égales sur une jambe ou sur l'autre en comptant du centre, ou de tel point de division que l'on voudra.

Preuve de la ligne des cordes.

LA methode ci-devant expliquée ne peut pas servir à connoître si la ligne des cordes est bien divisée, parce que ces divisions ne sont pas égales; la corde de 10 degrez, par exemple, étant plus de la moitié de celle de 20, pareillement la corde de 20 degrez est plus de la moitié de celle de 40, & ainsi de suite : de telle sorte que les divisions sont plus grandes vers le centre du compas que vers les extremitez de ses jambes : ce qui provient de la nature du cercle.

Mais comme nous avons rapporté deux methodes pour diviser la ligne des cordes, l'une par le secours des nombres, & l'autre par l'étendue des cordes ou sous-tendantes des arcs, une de ces methodes peut servir de preuve à l'autre.

En voici cependant encore une autre, qui n'est point à negliger. Choisissez à volonté sur la ligne des cordes deux nombres également éloignez de 120 degrez, comme, par exemple, 110 & 130 qui en sont éloignez chacun de 10 degrez, le premier par défaut, & le second par excès. Prenez avec un compas commun la distance de ces deux nombres 110 & 130, laquelle doit être égale à la corde de 10 degrez, ou à la distance du point marqué 10 sur la ligne des cordes au centre du compas de proportion.

On connoîtra par le même moyen, que la distance entre 100 & 140 degrez est égale à la corde de 20 degrez; que pareillement la distance entre 90 & 150 est égale à la corde de 30, qui est le nombre dont 120 surpasse 90, & dont il est surpassé par 150, & ainsi des autres, comme il est aisé de remarquer par la table des cordes ci-devant marquée, où l'on voit, par exemple, que le nombre 44, qui est la corde de 5 degrez est la difference entre 843, qui est la corde de 115 degrez, & 887, qui est

la corde de 125, que pareillement 87, corde de 10 degrez est la difference entre la corde de 110 & celle de 130, &c. lesquelles sont également éloignées de 120 degrez.

Preuve de la ligne des polygones

ON connoîtra si cette ligne est bien divisée par le moyen de la ligne des cordes en la maniere suivante.

Prenez avec un compas commun sur la ligne des polygones la distance du centre du compas de proportion jusqu'au point 6, qui marque l'exagone. Puis ayant ouvert le compas de proportion, portez cette distance sur la ligne des cordes, mettant chaque pointe dudit compas commun sur les points correspondans de 60 à 60, qui marquent l'angle du centre de l'exagone.

Le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez avec le compas ordinaire sur chaque ligne des cordes la distance des deux points marquez 72, & la portez sur la ligne des polygones, mettant une pointe au centre de la charniere du compas de proportion; l'autre pointe doit rencontrer le point marqué 5, qui appartient au pentagone, dont l'angle du centre est de 72 degrez.

Prenant de même sur la ligne des cordes la distance des deux points marquez 90, & la portant sur la ligne des polygones, l'ouverture du compas commun y rencontrera le point marqué 4, qui appartient au quarré, dont l'angle du centre est de 90 degrez, & ainsi de tous les autres.

Preuve de la ligne des plans.

COmme nous avons rapporté deux methodes pour diviser la ligne des plans, l'une peut servir de preuve à l'autre; mais on peut encore facilement reconnoître si la division est bien faite par la maniere suivante. Prenez avec un compas ordinaire la distance de quelque point que ce soit de cette ligne jusqu'au centre de la charniere du compas de proportion, & portez cette distance depuis le même point de division de l'autre côté de la même ligne des plans, la pointe du compas rencontrera un nombre de plan quatre fois plus grand que celui qui a été pris vers le centre; & si l'on tourne encore une fois le compas commun ainsi ouvert vers l'extremité de ladite ligne, la pointe tombera sur un nombre de plan neuf fois plus grand. Ainsi, par exemple, si l'on a pris la distance depuis le centre jusqu'au plan marqué 2, arrêtant une pointe du compas sur ledit point 2, l'autre pointe doit tomber sur le point 8, & en tournant encore une fois le compas, sans changer l'ouverture, en arrêtant une de ses pointes sur ledit point 8, l'autre pointe doit rencontrer le dix-huitiéme plan, qui contient neuf fois le second plan; tournant encore une fois le compas, on rencontrera le trente-deuxiéme plan, qui contient seize fois le second plan. Si enfin on tourne encore une autre fois, on doit rencontrer le cinquantiéme plan, qui contient celui de deux fois 25, & ainsi des autres plans semblables, parce qu'ils sont entre eux, comme les quarrez de leurs côtez homologues. C'est ce qui facilite la division de cette ligne des plans, puisqu'ayant le premier, on a le quatriéme, le neuviéme, le seiziéme, le vingt-cinquiéme, le trente-sixiéme, le quarante-neuviéme, & le soixante-quatriéme; ayant

trouvé le second, on a le huitiéme, le dix-huitiéme, le trente-deuxiéme & le cinquantiéme ; ayant pareillement trouvé le troisiéme, on a le douziéme, le vingt-septiéme, & le quarante-huitiéme ; & ainsi du reste.

Preuve de la ligne des solides.

ON connoît si cette ligne est bien divisée par la methode suivante. Prenez avec un compas ordinaire la distance de quelque point que ce soit de cette ligne jusqu'au centre du compas de proportion ; arrêtez une pointe du compas ainsi ouverte sur le même point de division, & tournez l'autre pointe vers l'extremité de ladite ligne, elle doit rencontrer un nombre de solides huit fois plus grand que celui que vous aurez choisi. Si vous tournez encore une fois le compas, une de ses pointes tombera sur un solide vingt-sept fois plus grand que le nombre choisi. Ainsi, par exemple, l'ouverture du premier solide donnera celle du huitiéme, du vingt-septiéme, & du soixante-quatriéme ; l'ouverture du second solide donnera celle du seiziéme, & du cinquante-quatriéme ; l'ouverture du troisiéme prise deux fois donnera celle du vingt-quatriéme. Par le quatriéme solide on aura le trente-deuxiéme, de même que par le cinquiéme on aura le quarantiéme ; par le sixiéme on aura le quarante-huitiéme; & enfin par le moyen du septiéme on aura le cinquante-sixiéme solide, parce que les solides semblables sont entre eux, comme les cubes de leurs côtez homologues ; & c'est ce qui facilite la division de la ligne des solides.

Preuve de la ligne des métaux.

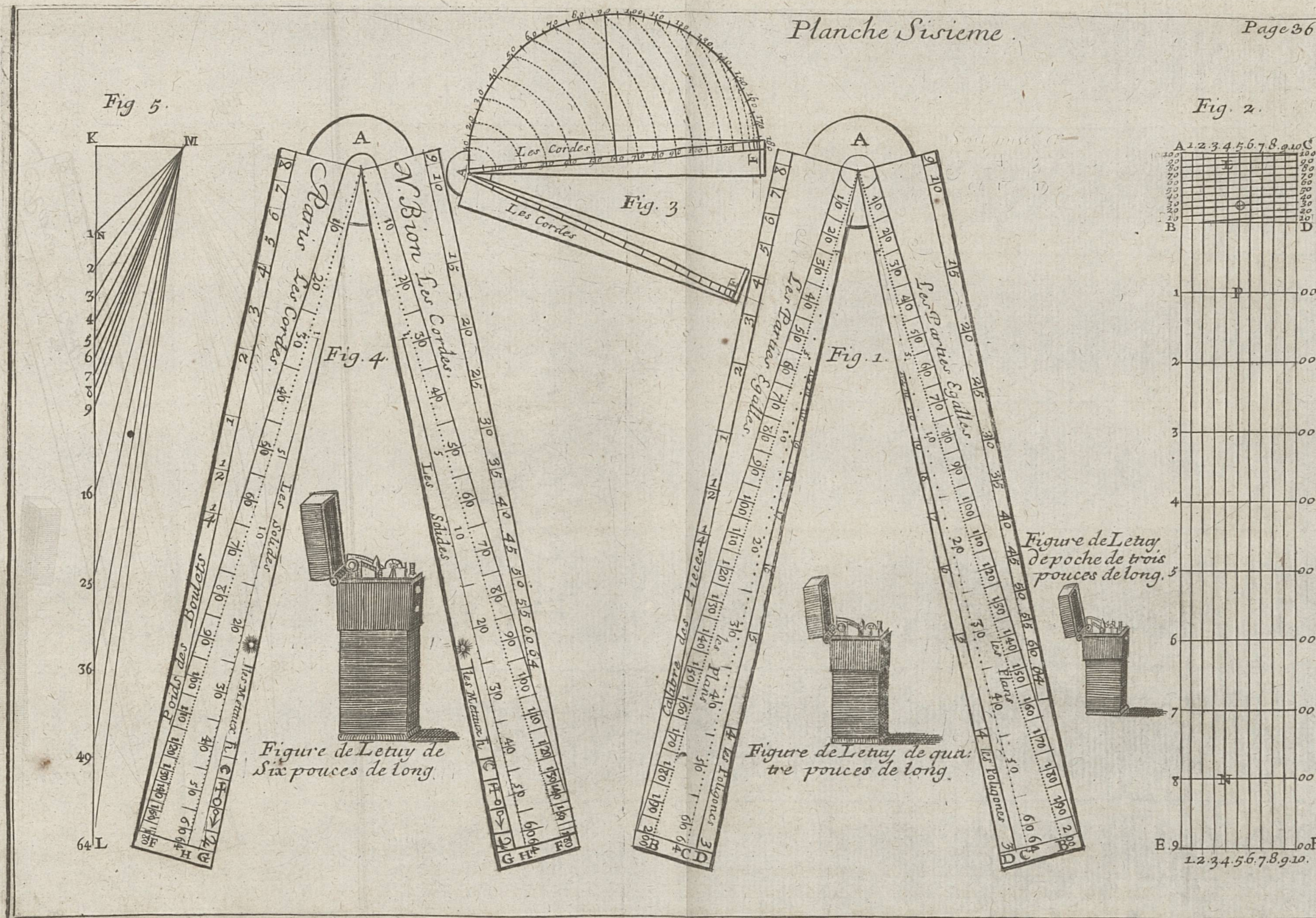
NOus avons déja dit ci-devant, que la division de cette ligne est fondée sur les experiences par lesquelles on a connu les differentes pesanteurs d'un pied cube de chacun des six métaux, comme ils sont ici marquez.

Métaux.	*Poids d'un pied cube.*	
Or	1326 livres	4 onces.
Plomb	802	2
Argent	720	12
Cuivre	627	12
Fer	558	0
Etain	516	2

Je vais ici rapporter comme de ces differens poids desdits métaux, on a calculé la table ci-devant rapportée des nombres qui servent à marquer sur le compas de proportion les côtez homologues des corps semblables, & d'égale pesanteur, faits desdits métaux.

Or comme l'étain est le moins pesant, il est évident que si, par exemple, on veut en faire une boule qui pese autant qu'une boule de fer ou de cuivre, celle d'étain doit être la plus grosse de toutes, & ensuite celle de fer plus grosse que celle de cuivre, & ainsi des autres jusqu'à celle d'or qui seroit la plus petite. C'est pourquoi, supposant le diametre de la boule d'étain de 1000 parties égales, il est question de trouver de combien de ces mêmes parties doit être le diametre de la boule de fer, ou de celle de cuivre de

Planche Sisieme



pareille pesanteur : ce qui se peut trouver par l'analogie suivante, en se servant de la table des solides ci-devant marquée.

Il faut faire une regle de proportion, dont le premier terme soit toujours le poids du plus pesant des deux métaux que l'on veut comparer ensemble, le second terme, soit le poids de l'étain ; le troisiéme soit le nombre 64, qui est le plus grand solide de ladite table, auquel convient le nombre 1000. Si par exemple, on veut comparer le fer, dont le pied cube pese 558 livres avec l'étain, dont le pied cube pese 516 livres & 2 onces, ayant reduit le tout en onces, les 558 livres feront 8928 onces, & les 516 liv. 2 onces feront 8258 ; il faut donc dire : si 8928 donnent 8258, combien 64 ; la regle de trois étant faite, le quatriéme terme sera 59, & un petit reste, je cherche dans ladite table des solides le 59, & le nombre correspondant est 973, au lieu duquel je prends 974, à cause de la fraction restée. C'est pourquoi je dis que le diametre de la boule de fer devroit être de 974 parties égales à celles dont le diametre de la boule d'étain est supposé. En faisant de la même maniere quatre autres regles de trois, on connoîtra si les nombres marquez vis-à-vis des quatre autres métaux sont bien calculez, & par consequent si la ligne des métaux est bien divisée.

CHAPITRE II.

Des usages du compas de proportion.

NOus ne rapporterons ici que les Usages qui sont les plus propres à cet instrument, & qui se font mieux par son moyen que par aucun autre.

SECTION PREMIERE.

Des usages de la ligne des parties égales.

USAGE PREMIER.

Diviser une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra ; comme, par exemple, en sept.

PRenez avec un compas ordinaire l'étendue de toute la ligne proposée, comme A B. & la portez sur la ligne des parties égales à un nombre de part & d'autre, qui se puisse facilement diviser par 7, comme pourroit être en cet exemple 70, dont la septiéme partie est 10, ou bien au nombre 140, dont la septiéme partie est 20. Ensuite laissant le compas de proportion ainsi ouvert, resserrez le compas commun jusqu'à ce que les deux pointes rencontrent les deux nombres 10, si l'on s'est servi du nombre 70, ou bien les deux nombres 20, si l'on a pris 140 pour l'étendue de toute la ligne, cette ouverture du compas marquée par la figure 2, sera la septiéme partie de la ligne proposée.

VII. Planche. Fig. 1.

Si la ligne proposée à diviser étoit trop longue pour être appliquée sur les

jambes du compas de proportion, portez-en ſeulement une partie, comme la moitié ou le quart, que vous diviſerez, comme il vient d'être dit, en 7, le double ou quadruple de cette ſeptiéme partie diviſera en 7 la grande ligne propoſée.

USAGE II.

Etant données pluſieurs lignes droites qui ſont la circonference d'un polygone, l'une deſquelles ſoit eſtimée contenir autant de parties égales qu'on voudra, trouver combien de ces mêmes parties ſont contenues en chacune des autres lignes.

PRenez avec un compas commun la longueur de la ligne dont la meſure eſt connue, & la portez ſur la ligne des parties égales à l'ouverture du nombre qui exprime la meſure; le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, tranſportez-y la longueur de chacune des autres lignes, les nombres de l'ouverture que chacune comprendra, marqueront leur veritable longueur. Que ſi quelqu'une deſdites lignes ne convient pas juſtement au même nombre de part & d'autre ſur la ligne des parties égales, mais que, par exemple, une des pointes du compas tombant ſur le nombre 29, l'autre tombe ſur le nombre 30, cette ligne contiendra 29 & demi.

USAGE III.

Etant donnée une ligne droite, & le nombre des parties égales qu'elle contient, en retrancher une moindre ligne contenant tel nombre de ſes parties que l'on voudra.

SOit pour exemple la ligne propoſée de 120 toiſes, dont on en veut retrancher une ligne de 25. Prenez avec le compas commun la longueur de la ligne propoſée; ouvrez le compas de proportion de telle ſorte que cette longueur convienne de 120 à 120 marquez ſur les deux lignes des parties égales, & ledit compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez ſur la même ligne la diſtance de 25 à 25, que vous retrancherez de ladite ligne de 120 toiſes.

Par les trois uſages précedens il eſt aiſé de voir que la ligne des parties égales du compas de proportion peut très-commodément ſervir d'échelle pour toutes ſortes de plans, pourvû qu'on ſache la quantité d'un de ſes côtez, & que l'on peut par ſon moyen les réduire de petit en grand, ou de grand en petit.

USAGE IV.

A deux lignes droites données trouver une troiſiéme proportionnelle, & à trois une quatriéme.

SI l'on ne propoſe que deux lignes; prenez avec un compas commun la longueur de la premiere, & la tranſportez ſur une des jambes du compas de proportion depuis le centre le long de la ligne des parties égales,

pour en connoître la valeur, & du nombre où elle se terminera, ouvrez le compas de proportion, en sorte que la longueur de la seconde ligne convienne à son ouverture ; ledit compas demeurant ainsi ouvert, portez la longueur de ladite seconde ligne sur une des jambes depuis le centre, & remarquez le nombre des parties égales, où elle se termine, l'ouverture de ce nombre donnera la troisiéme ligne proportionnelle requise.

Soit pour exemple la premiere ligne proposée A B, de 40 parties égales, & la seconde C D, de 20. Portez la longueur des 20 parties égales à l'ouverture de 40; & le compas restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 20 à 20, cette ouverture sera la longueur de la troisiéme ligne proportionnelle que l'on cherche; & si vous la mesurez sur la ligne des parties égales depuis le centre, elle en contiendra 10, car 40 sont à 20, comme 20 sont à 10.

De la VII. Planche. Fig. 3.

Que si à trois lignes données vous cherchez une quatriéme proportionnelle, portez, comme nous venons de dire, la seconde à l'ouverture de la premiere; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, portez la troisiéme ligne sur une de ses jambes depuis le centre; l'ouverture du nombre où elle se terminera, donnera la quatriéme requise.

Soit pour exemple la premiere de ces trois lignes de 60 parties égales, la seconde de 30, & la troisiéme de 50; portez la longueur de 30 parties égales à l'ouverture de 60; & le compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 50, cette ouverture, qui contiendra 25, sera la quatriéme proportionnelle, car 60 sont à 30, comme 50 à 25.

Fig. 5.

USAGE V.

Diviser une ligne donnée selon une raison donnée.

QU'il faille, par exemple, diviser la ligne donnée en deux parties, dont la raison soit égale à celle de 40 à 70; ajoûtez ensemble ces deux nombres, leur somme sera 110. Prenez avec un compas commun la longueur de la ligne proposée, que je suppose être de 165 parties égales; portez cette longueur à l'ouverture des nombres 110 de la ligne des parties égales; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 40 & 70, la premiere de ces deux ouvertures donnera 60, & la seconde 105, qui seront les parties de la ligne proposée à diviser, puisque 40 sont à 70, comme 60 sont à 105.

USAGE VI.

Ouvrir le compas de proportion, en sorte que les deux lignes des parties égales fassent un angle droit.

CHoisissez trois nombres qui puissent exprimer les côtez d'un triangle rectangle, comme sont, par exemple, les nombres 3, 4, 5, ou leurs multiples; mais comme il est mieux de les prendre un peu grands, nous choisirons 60, 80 & 100. Prenez avec un compas commun la distance du centre du compas de proportion sur la ligne des parties égales jusqu'au nombre 100; ouvrez ensuite le compas de proportion de telle sorte qu'une

des pointes du compas commun tombe d'une part sur le nombre 60 des parties égales, & l'autre pointe sur le nombre 80 des mêmes parties égales de l'autre jambe; alors le compas de proportion sera ouvert, de sorte que les deux lignes de parties égales feront un angle droit.

USAGE VII.

Trouver une ligne droite égale à la circonference d'un cercle donné.

Le diametre d'un cercle est à la circonference environ comme 100 à 314, ou comme 50 à 157; c'est pourquoi prenez avec un compas ordinaire la longueur du diametre du cercle proposé, & la portez sur les jambes de 50 à 50 de part & d'autre de la ligne des parties égales; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez avec ledit compas commun la distance de 157 à 157, vous aurez une ligne droite à peu près égale à la circonference du cercle proposé: je dis à peu près, parce que la veritable proportion du diametre d'un cercle à sa circonference, n'a point encore été trouvée géometriquement.

SECTION II.

Des usages de la ligne des plans.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer toutes sortes de figures planes, selon une raison donnée.

Soit pour exemple proposé le triangle ABC, auquel on a dessein d'en faire un semblable qui soit triple en surface.

Fig. 4. Prenez avec un compas commun la longueur du côté AB; portez-la sur la ligne des plans à l'ouverture du premier plan; le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun l'ouverture du troisiéme plan, & vous aurez la longueur du côté homologue audit côté AB; vous trouverez de la même façon les côtez homologues aux deux autres côtez du triangle proposé, & de ces trois côtez vous formerez le triangle triple du proposé, comme il se voit en la figure 4 de la planche 7. Si le plan proposé a plus de trois côtez, reduisez-le en triangle par une ou plusieurs diagonales.

Si c'est un cercle que l'on veuille diminuer ou augmenter, il faut faire la susdite operation sur son diametre.

USAGE II.

Etant données deux figures planes semblables, trouver quelle raison elles ont entre elles.

Prenez lequel vous voudrez des côtez de l'une desdites figures, & le portez à l'ouverture de quelque plan; prenez ensuite le côté homologue de l'autre figure, & voyez à l'ouverture de quel plan il convient; les deux

deux nombres ausquels conviennent les deux côtez homologues expriment la raison des plans entre eux ; car si, par exemple, le côté *ab* de la plus petite convient au quatriéme plan, & que le côté homologue A B de l'autre convienne au sixiéme, ces deux plans sont entre eux comme 4 est à 6, c'est-à-dire, que le grand contient une fois & demie la surface du petit; & si le petit plan contient vingt toises quarrées, le grand en contient trente, comme l'on voit dans les figures. Fig. 5.

Mais si le côté d'une figure ayant été mis à l'ouverture d'un plan, le côté homologue ne peut s'ajuster à l'ouverture d'aucun nombre entier, il faudra mettre ledit côté de la premiere figure à l'ouverture de quelqu'autre plan, jusqu'à ce qu'on trouve un nombre entier, dont l'ouverture convienne à la longueur du côté homologue de l'autre figure, afin d'éviter les fractions.

Si les figures proposées sont si grandes, qu'aucun de leurs côtez ne se puisse appliquer à l'ouverture des jambes du compas de proportion, prenez les moitiez, tiers ou quarts de chacun des deux côtez homologues desdites figures, & les comparant ensemble, vous aurez la proportion des plans.

USAGE III.

Ouvrir le compas de proportion, en sorte que les deux lignes des plans fassent un angle droit.

PRenez avec un compas commun sur la ligne des plans depuis le centre l'étendue d'un nombre de plans tel que vous voudrez, comme, par exemple, 40 ; appliquez cette ouverture de compas sur la même ligne des plans de part & d'autre à un nombre qui égale la moitié du precedent, comme est 20 en cet exemple ; alors les deux lignes des plans feront au centre du compas un angle droit, puisque par la construction de la ligne des plans, le nombre marqué 40, qui fait comme le plus grand côté d'un triangle, signifie un plan égal aux deux autres plans semblables, marquez sur les jambes du compas par les nombres 20, d'où il suit par la quarante-huitiéme du premier que ledit angle est droit.

USAGE IV.

Construire un plan semblable & égal à deux plans semblables donnez.

OUvrez le compas de proportion à angles droits par l'usage precedent, & portez deux côtez homologues tels que vous voudrez des deux plans proposez sur la ligne des plans depuis le centre, l'un sur une jambe, & l'autre sur l'autre jambe, la distance des deux nombres trouvez donnera le côté homologue d'un plan semblable & égal aux deux donnez.

Si, par exemple, le côté du moindre plan étant porté sur une des jambes du compas de proportion depuis le centre, rencontre le quatriéme plan, & que le côté homologue de l'autre plan porté sur l'autre jambe, rencontre le neuviéme plan, la distance de 4 à 9 qui sera égale au treiziéme plan, si le compas est ouvert, comme il est dit, sera le côté homologue d'un plan égal aux deux proposez, par le moyen duquel il sera facile de construire le plan semblable.

On peut par cet usage ajouter ensemble tant de plans semblables que l'on voudra, en ajoutant ensemble les deux premiers, puis à leur somme ajoutant le troisiéme, & ainsi de suite.

USAGE V.

Etant donnez deux plans semblables & inégaux, en trouver un troisiéme aussi semblable & égal à leur difference.

OUvrez le compas de proportion de sorte que les deux lignes des plans fassent un angle droit, & portez un côté du moindre plan sur une des jambes depuis le centre; portez ensuite le côté homologue du plus grand plan, en mettant une des pointes du compas commun sur le nombre où se termine le premier côté, son autre pointe rencontrera sur l'autre jambe le nombre du plan requis.

Si, par exemple, ayant porté le côté du moindre plan depuis le centre, l'on trouve qu'il tombe sur le nombre 9 d'une jambe du compas de proportion, prenez avec un compas ordinaire l'étendue du côté homologue du plus grand plan, en mettant une de ses pointes sur ledit nombre 9, l'autre pointe marquera sur l'autre jambe le nombre 4; c'est pourquoi prenant la distance dudit nombre 4 au centre du compas de proportion, vous aurez le côté homologue d'un plan semblable & égal à la difference des deux plans donnez, dont la raison est ici supposée de 9 à 13.

USAGE VI.

Entre deux lignes droites données, trouver une moyenne proportionnelle.

POrtez chacune des deux lignes données sur la ligne des parties égales du compas de proportion, afin de savoir le nombre que chacune en contient, & supposé, par exemple, que la moindre ligne soit de 20 parties égales, & la plus grande de 45; portez la plus grande, qui est 45 à l'ouverture du quarante-cinquiéme plan qui dénote le nombre de ses parties; le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture du vingtiéme plan, qui marque le nombre des parties égales de la plus petite ligne, cette ouverture, qui doit contenir 30 des mêmes parties, donnera la moyenne proportionnelle, car 20 sont à 30, comme 30 sont à 45.

Mais comme le plus grand nombre de la ligne des plans est 64, si quelqu'une des lignes proposées contenoit un plus grand nombre de parties égales, on pourroit faire ladite operation sur leurs moitiez, tiers ou quarts en cette sorte. Supposant, par exemple, que la moindre des lignes proposées soit de 32, & l'autre de 72, portez la moitié de la grande ligne à l'ouverture du trente-sixiéme plan, & prenez l'ouverture du seiziéme, cette ouverture étant doublée donnera la moyenne proportionnelle que l'on cherche.

SECTION III.

Des usages de la ligne des polygones.

USAGE PREMIER

Décrire un polygone regulier dans un cercle donné.

PRenez avec un compas commun la longeur du demi-diametre du cercle donné A C, & l'ajustez à l'ouverture du nombre 6, marqué de part & d'autre sur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des deux nombres égaux qui expriment le nombre des côtez du polygone que vous voulez décrire. Prenez, par exemple, l'ouverture de 5 à 5, pour décrire un pentagone; de 7 à 7 pour un eptagone, & ainsi des autres. Cette ouverture étant portée autour de la circonference du cercle, le divisera en autant de parties égales, & il sera facile de décrire tout polygone regulier depuis le triangle équilateral jusqu'au dodecagone, comme est décrit le pentagone en la figure sixiéme. *Fig. 6.*

USAGE II.

Sur une ligne donnée décrire un polygone regulier.

SI, par exemple, on veut décrire sur la ligne A B de la susdite figure 6 un pentagone, prenez avec un compas commun la longeur de ladite ligne, & l'ayant appliquée à l'ouverture des nombres 5 marquez de part & d'autre sur la ligne des polygones, laissez le compas de proportion ainsi ouvert, & prenez sur la même ligne l'ouverture de 6 à 6, qui sera le demi-diametre du cercle propre à décrire le pentagone regulier proposé ; c'est pourquoi si avec cette ouverture vous décrivez des extremitez de la ligne donnée A B deux arcs de cercle, leur intersection sera le centre dudit cercle.

Si l'on propose un eptagone, appliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 7 marquez de part & d'autre sur la ligne des polygones, & prenez toujours l'ouverture de 6 à 6 pour trouver comme dessus le centre d'un cercle, dans lequel il sera facile d'inscrire l'eptagone, dont chaque côté sera égal à la ligne donnée.

USAGE III.

Couper une ligne donnée en moyenne & extrême raison, comme DE, fig. 7.

APpliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 6 & 6 marquez de part & d'autre sur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 10, qui sont ceux du decagone. Cette ouverture donnera DF, qui sera la mediane, c'est-à-dire, le plus grand segment de la ligne proposée, puisque la mediane du rayon d'un cercle coupé en moyenne & extrême raison, est la corde de 36 degrez, qui est la dixiéme partie de sa circonference. *Fig. 7.*

Que si l'on ajoûte cette mediane au rayon du cercle, pour n'en faire qu'une ligne, ledit rayon deviendra la mediane, & la corde de 36 degrez sera le petit segment.

USAGE IV.

Sur une ligne donnée DF, figure 8 décrire un triangle isoscele, qui ait les angles de sa base doubles de celui du sommet.

Fig. 8. APpliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 10 marquez de part & d'autre sur la ligne des polygones; & le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 6, pour avoir la longueur des deux côtez égaux du triangle qu'on veut construire.

Il est évident que l'angle du sommet de ce triangle est de 36 degrez, & que chacun des angles de la base est de 72 degrez; or l'angle de 36 degrez est l'angle du centre d'un decagone.

USAGE V.

Ouvrir le compas de proportion, en sorte que les deux lignes des polygones fassent un angle droit.

PRenez avec le compas commun sur la ligne des polygones la distance depuis le centre du compas de proportion jusqu'au nombre 5, ouvrez ensuite le compas de proportion, de sorte que cette distance soit appliquée d'une part sur le nombre 6, & de l'autre part sur le nombre 10 des deux lignes des polygones, elles feront au centre un angle droit, parce que le quarré du côté du pentagone est égal au quarré du côté de l'exagone, & au quarré du côté du decagone.

SECTION IV.

Des usages de la ligne des cordes.

USAGE PREMIER.

Ouvrir le compas de proportion de sorte que les deux lignes des cordes fassent un angle de tant de degrez qu'on voudra.

PRenez avec un compas ordinaire le long de la ligne des cordes la distance depuis le centre de la charniere jusqu'au nombre des degrez proposez; ouvrez ensuite le compas de proportion de sorte que cette distance s'accorde aux deux nombres 60 marquez de part & d'autre sur la ligne des cordes, elles feront l'angle requis.

Fig. 9. Si, par exemple, vous voulez qu'elles fassent un angle de 40 degrez, comme en la figure 9 de la planche 7, prenez la distance du centre au nombre 40, & la portez à l'ouverture de 60 à 60. Si vous voulez un angle droit, prenez la distance du centre à 90 degrez, & la portez pareillement à l'ouverture de 60 à 60, & ainsi des autres.

USAGE II.

Le compas de proportion étant ouvert, trouver les degrez de son ouverture.

PRenez l'ouverture de 60 degrez, & la portez le long de la ligne des cordes depuis le centre, le nombre où elle se terminera, marquera les degrez de son ouverture.

C'est sur la ligne des cordes que l'on place quelquefois des pinules pour mesurer un angle sur la terre, ou pour y en faire un d'autant de degrez que l'on veut, en ajoutant un genouil au compas de proportion, & le plaçant sur un pied, pour l'élever à la hauteur de l'œil, en pratiquant ce que nous venons de dire en ces deux usages; mais nous estimons qu'il est plus aisé de se servir d'un demi-cercle divisé pour faire ces sortes d'operations.

USAGE III.

Sur une ligne droite donnée faire un angle rectiligne d'autant de degrez qu'on voudra.

DEcrivez sur la ligne donnée un arc de cercle ayant pour centre le point auquel vous voulez faire l'angle, portez le rayon dudit arc à l'ouverture de la corde de 60 à 60 degrez; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre des degrez proposez, & la portez depuis la ligne sur l'arc que vous avez décrit; tirez enfin une ligne droite du centre par l'extremité de cet arc, pour former l'angle requis.

Soit proposé pour exemple de faire à l'extremité B de la ligne AB, un angle de 40 degrez; ayant fait dudit point B un arc de cercle à discretion, portez-en le rayon toujours à l'ouverture de la corde de 60 degrez, parce que le rayon d'un cercle est toujours égal à la corde de 60 degrez du même cercle; prenez ensuite l'ouverture de la corde de 40 degrez, & la portez sur l'arc de cercle CD; enfin tirant la droite du point B par le point D, vous aurez fait un angle de 40 degrez: figure 10. Fig. 10.

On peut par cet usage tracer une figure, dont les angles & les côtez sont connus.

USAGE IV.

Etant donné un angle rectiligne, trouver combien de degrez il contient.

DU sommet de l'angle donné comme centre, décrivez un arc de cercle, & portez son rayon à l'ouverture de la corde de 60 degrez; prenez ensuite sur le papier la corde de l'arc décrit entre les côtez qui forment l'angle, & cherchez sur les jambes du compas de proportion à quelle ouverture elle convient, le nombre des degrez vous indiquera la valeur dudit angle.

USAGE V.

Prendre sur la circonference d'un cercle donné un arc d'autant de degrez que l'on voudra.

APpliquez le rayon du cercle donné sur les jambes du compas de proportion, à l'ouverture de la corde de 60 degrez; & ledit compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre de degrez proposé, & la portez sur la circonference du cercle donné.

On peut par cet usage inscrire dans un cercle toutes sortes de polygones reguliers, aussi-bien que par la ligne des polygones, en connoissant son angle du centre par la methode & par la table ci-devant rapportée, en traitant de la construction de la ligne des polygones.

Fig. 11. Soit, par exemple, proposé de faire un pentagone regulier par la ligne des cordes. Ayant connu que son angle du centre est de 72 degrez, portez le rayon du cercle à l'ouverture de la corde de 60 degrez, & prenez ensuite l'ouverture de la corde de 72 degrez, laquelle étant portée sur la circonference du cercle donné, le divisera en cinq également, & les cinq cordes étant tracées, seront les côtez du pentagone.

USAGE VI.

Sur une ligne donnée FG, décrire un polygone regulier.

SI, par exemple, on propose de construire un pentagone, dont l'angle du centre est de 72 degrez, portez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture de la corde de 72 degrez, & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde de 60 degrez, avec laquelle, des extremitez de la ligne donnée, vous décrirez deux arcs de cercle, le point de leur intersection D sera le centre d'un cercle, dont la circonference sera divisée en cinq parties égales par la ligne donnée, & ladite corde de 60 degrez sera égale au rayon de ce cercle.

SECTION V.

Des usages de la ligne des solides.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer tous solides semblables, selon une raison donnée.

Fig. 12. SOit proposé, par exemple, un cube, duquel on en demande un qui soit double en solidité. Portez le côté du cube donné sur la ligne des solides à l'ouverture de tel nombre que vous voudrez, comme, par exemple, de 20 à 20, puis prenez l'ouverture d'un nombre double, comme est en cet exemple le nombre quarante; cette ouverture est le côté d'un cube double du proposé.

Si l'on propose une boule ou sphere, & qu'on veuille en faire une autre qui soit trois fois plus grosse; portez le diametre de la boule proposée à l'ouverture de tel nombre qu'il vous plaira, comme par exemple de 20 à 20 & prenez l'ouverture de 60, ce sera le diametre d'une autre boule triple en solidité

Si l'on propose encore un coffre parallelipipede rectangle qui contienne trois mesures de grain, on en veut faire faire un autre semblable qui en contienne cinq; portez la longueur de la base à l'ouverture du trentiéme solide, & prenez l'ouverture du cinquantiéme pour le côté homologue de celui qui est à faire, portez ensuite la largeur à l'ouverture du même nombre 30, & prenez l'ouverture du cinquantiéme solide pour le côté homologue à ladite largeur; de ces deux ouvertures ayant construit un parallelograme, prenez enfin la profondeur dudit coffre, & l'ayant portée à l'ouverture du trentiéme solide, vous prendrez l'ouverture du cinquantiéme solide, pour avoir le côté homologue, c'est-à-dire, la profondeur, avec laquelle il sera facile de construire ledit parallelipipede rectangle, qui contiendra les cinq mesures proposées.

Si les lignes sont trop grandes pour être appliquées à l'ouverture du compas de proportion, prenez la moitié, tiers ou quart des unes & des autres; ce qui en proviendra après l'operation sera moitié, tiers ou quart des dimensions requises.

USAGE II.

Etant donnez deux corps semblables, trouver quelle raison ils ont entre eux.

PRenez lequel vous voudrez des côtez de l'un desdites corps proposez, & l'ayant porté à l'ouverture de quelque solide, prenez le côté homologue de l'autre corps, & voyez à quel nombre des solides il convient; les nombres ausquels ces deux côtez homologues conviennent, indiquent la raison des deux corps semblables entre eux.

Que si le premier ayant été mis à l'ouverture de quelque solide, le côté homologue du second ne peut s'accommoder à l'ouverture d'aucun nombre, portez le côté du premier corps à l'ouverture de quelque autre solide jusqu'à ce que le côté homologue du second corps s'accommode à l'ouverture de quelque nombre des solides.

USAGE III.

Construire & diviser une ligne servant à connoître les calibres des boulets & des canons.

L'Experience nous ayant appris qu'un boulet de fer fondu de trois pouces de diametre pese quatre livres, il sera facile de trouver les diametres des autres boulets de differens poids & de même métail, en cette maniere.

Portez l'étendue de trois pouces à l'ouverture du quatriéme solide, & sans changer l'ouverture du compas de proportion, prenez sur la même ligne des solides les ouvertures de tous les nombres depuis un jusqu'à 64; portez toutes ces longueurs les unes après les autres sur une ligne droite

tracée sur une regle ou sur le long d'une des jambes du compas de proportion, & là où ces diametres se termineront, marquez-y les chifres qui feront connoître la pésanteur des boulets.

Pour marquer ensuite les fractions de la livre, comme un quart, une demie, trois quarts, portez le diametre du boulet d'une livre à l'ouverture du quatriéme solide, & prenez l'ouverture du premier solide pour le diametre d'un quart de livre, l'ouverture du second solide pour une demie, & celle du troisiéme pour trois quarts de livres, & ainsi du reste. Quand on connoît le calibre des boulets, on connoît aussi le calibre du canon auquel ces boulets sont propres, parce qu'ordinairement on donne deux ou trois lignes pour le vent des gros boulets, afin qu'ils puissent facilement y entrer, & les petits à proportion.

Les diametres des boulets se mesurent avec un compas spherique, comme il sera plus amplement expliqué, en parlant des instrumens propres à l'artillerie.

USAGE IV.

Etant donnez plusieurs solides semblables, en construire un autre aussi semblable & égal aux donnez.

Portez lequel vous voudrez des côtez de quelqu'un des corps proposez à l'ouverture de quelque solide, & ajoutez à l'ouverture des autres solides les côtez homologues des autres corps. Ajoutez ensemble les nombres qui expriment ainsi leur proportion, & prenez l'ouverture de la somme provenue de cette addition, vous aurez le côté homologue d'un corps égal & semblable à tous les autres.

Supposons, par exemple, que le côté choisi du premier corps étant porté à l'ouverture du cinquiéme solide, les cotez homologues des autres conviennent, l'un à l'ouverture du septiéme, & l'autre à celle du huitiéme solide. J'ajoute ensemble ces trois nombres 5, 7 & 8, leur somme est 20, c'est pourquoi l'ouverture du 20me solide sera le côté homologue d'un corps égal & semblable aux trois autres.

USAGE V.

Etant donnez deux corps semblables & inégaux, en trouver un troisiéme aussi semblable, & égal à la difference des donnez.

Portez lequel côté vous voudrez de l'un des corps à l'ouverture de quelque solide que ce soit, & voyez à quelle autre ouverture convient le côté homologue de l'autre corps; ôtez le moindre nombre du plus grand, & prenez l'ouverture du nombre restant, vous aurez le côté homologue du corps égal à la difference des deux.

Si, par exemple, le côté du plus grand étant porté à l'ouverture du quinziéme solide, le côté homologue du moindre convient à l'ouverture du neuviéme, ôtant 9 de 15, reste 6; c'est pourquoi l'ouverture du sixiéme solide donnera le requis.

USAGE VI.

Entre deux lignes données, trouver deux moyennes proportionnelles.

SOient proposées pour exemple deux lignes, dont l'une contienne 54 parties égales, & l'autre 16; ouvrez le compas de proportion, & portez la longueur de la ligne qui contient 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme solide, & prenez l'ouverture du seiziéme, cette ouverture sera la plus grande des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche; & cette ligne qui en cet exemple contient 36 des mêmes parties égales étant portée à l'ouverture dudit cinquante-quatriéme solide, ce qui se fait en resserrant les jambes du compas de proportion, prenez une seconde fois l'ouverture du seiziéme solide, vous aurez la moindre des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche, laquelle en cet exemple contiendra 24 des mêmes parties égales, tellement que ces quatre lignes seront en proportion continue, & en même raison que ces quatre nombres 54, 36, 24, 16.

Si les lignes sont trop longues, ou les nombres de leurs parties égales trop grands, il ne faut que prendre leurs moitiez, tiers, ou quarts, &c. & operer comme dessus. Si, par exemple, on cherche deux moyennes proportionnelles entre deux lignes, dont l'une contient 32, & l'autre 256, je prends le quart de chacune de ces lignes qui sera 8 & 64, je porte le premier nombre 8 à l'ouverture du huitiéme solide, & je prends l'ouverture du 64, qui me donne 16 pour la premiere des deux moyennes proportionnelles; puis je porte la longueur de la ligne de 16 à l'ouverture du huitiéme solide, & l'ouverture du soixante-quatriéme me donne une ligne de 32 parties égales, je multiplie ces deux nombres trouvez par quatre, pour les remettre en leur entier, tellement qu'entre les deux lignes proposées la premiere des deux moyennes est de 94, & la seconde de 128, & ces quatre lignes en proportion continue sont en même raison que ces quatre nombres 32, 64, 128, 256.

USAGE VII.

Etant donné un parallelipipede, trouver le côté d'un cube qui lui soit égal.

CHerchez un moyen proportionnel entre les deux côtez de la base du parallelipipede, puis entre la valeur du nombre trouvé & la hauteur du parallelipipede cherchez le premier des deux nombres moyens proportionnels, lequel sera le côté du cube cherché.

Soient les deux côtez d'un parallelipipede 24 & 54, & sa hauteur 63, on demande le côté d'un cube qui lui soit égal; je porte la ligne de 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme plan, & je prends l'ouverture du vingt-quatriéme, laquelle portée sur la ligne des parties égales me donne 36 pour moyen proportionnel; ensuite je porte 36 à l'ouverture du trente-sixiéme solide, & je prends l'ouverture du soixante-troisiéme qui me donne peu moins de 44 & demi pour le côté du cube égal au parallelipipede proposé.

USAGE VIII.

Construire & diviser une jauge, pour mesurer les tonneaux & tous vaisseaux semblables propres à contenir des liqueurs.

LA jauge dont je pretends parler ici est une regle de quelque métail divisée en certaines parties, qui marquent le nombre des pintes contenues dans le tonneau, l'ayant fait entrer par le bondon jusqu'à ce que son extremité touche l'angle que fait le fonds avec les douves dans la partie la plus éloignée du bondon, comme on voit la ligne A C, située en forme de diagonale. Fig. 13.

Cette jauge étant ainsi posée, la division qui répond au milieu de l'ouverture du bondon au-dedans du tonneau, marque le nombre des pintes qu'il contient.

Mais il est à propos de rechanger la position de ladite verge, en sorte que son extremité C touche l'angle de l'autre fonds B, afin de connoître si l'ouverture du bondon est justement au milieu, car s'il se trouve quelque difference, il en faut prendre la moitié.

L'usage de cette jauge est très-facile, puisque sans calcul on trouve d'abord la capacité des tonneaux; toute l'adresse consiste à la bien diviser.

Pour cet effet on peut faire construire un petit baril contenant un septier, c'est à-dire huit pintes, lequel soit parfaitement semblable aux tonneaux qui sont en usage dans le pays, car cette jauge ne peut être juste que dans des tonneaux semblables; c'est-à-dire, qui ont les diametres des fonds, & celui à l'endroit du bondon avec la longueur dans les mêmes proportions que celui qui a servi pour les divisions.

Supposons, par exemple, que le diametre de chacun des fonds d'un tonneau soit de vingt pouces, le diametre de la coupe à l'endroit du bondon de vingt-deux pouces, & sa longueur interieure de trente pouces, ce vaisseau contiendra vingt-sept septiers, mesure de Paris, comme sont les demi-queues d'Orleans; & sa mesure diagonale qui répond au milieu de l'ouverture du bondon sera de vingt-cinq pouces neuf lignes & demie, comme il est aisé de trouver par le calcul, puisque dans le triangle rectangle A D C, on connoît le côté C D 15 pouces, & D A 22, & qu'ajoutant leurs quarrez, on aura par la quarante-septiéme du premier livre d'Euclide le quarré de la diagonale ou hypotenuse A C, & ensuite sa racine. Fig. 13.

Suivant les mêmes proportions un baril dont les dimensions seroient le tiers des precedentes, contiendroit un septier ou huit pintes, c'est-à-dire, que le diametre de chacun des fonds seroit de six pouces huit lignes, celui du milieu sept pouces quatre lignes, & sa longueur interieure de dix pouces, sa diagonale seroit de huit pouces sept lignes.

Un autre baril dont les dimensions seroient moitié de celles-ci, contiendroit une pinte, c'est à-dire, si le diametre de chacun des fonds est de trois pouces quatre lignes, celui du milieu sous le bondon de trois pouces huit lignes, & la longueur interieure du baril de cinq pouces, la diagonale qui répond au milieu de l'ouverture du bondon sera de quatre pouces trois lignes & demie.

Prenez donc une verge ou regle longue de trois à quatre pieds, &

ſervez-vous de laquelle vous jugerez à propos de ces trois meſures, comme, par exemple, ſi vous voulez-y marquer les ſeptiers, marquez un point au milieu de ſa largeur diſtant d'un des bouts de huit pouces ſept lignes; pour y marquer un ſeptier, doublez cette meſure, & y marquez huit ſeptiers; triplez la même meſure, & y marquez vingt-ſept ſeptiers; quadruplez-la, & y marquez ſoixante-quatre ſeptiers, parce que les ſolides ſemblables ſont entre eux comme les cubes de leurs côtez homologues.

Pour y marquer enſuite les autres nombres de ſeptiers, prenez avec un compas commun la longueur de huit pouces ſept lignes, & l'ayant portée à l'ouverture du premier ſolide, arrêtez fixement en cet état les deux regles ou jambes du compas de proportion, & prenez l'ouverture du ſecond ſolide, pour marquer ſur ladite jauge l'étendue qui convient à deux ſeptiers.

Prenez de même l'ouverture du troiſiéme ſolide, pour marquer ſur la jauge l'étendue de la diagonale qui convient à trois ſeptiers, & ainſi de ſuite, & par ce moyen la jauge ſera diviſée de ſeptier en ſeptier.

On pourra avec la même facilité y marquer les pintes; car, par exemple, la moitié de l'étendue qui convient à deux ſeptiers ſervira pour y marquer deux pintes; la moitié de l'étendue des trois ſeptiers ſervira pour y marquer trois pintes; la moitié de la diagonale de quatre ſeptiers ſera celle de quatre pintes, & ainſi du reſte.

Si le compas de proportion n'eſt point aſſez grand pour porter la meſure diagonale d'un ſeptier à l'ouverture du premier ſolide, on y portera celle d'une pinte, & ayant marqué ſur la jauge autant de pintes qu'on pourra, on aura les diagonales des ſeptiers de même nombre, en doublant les meſures des pintes; ainſi, par exemple, ſi on double la diagonale de ſix pintes, on aura celle de ſix ſeptiers; ſi on double la meſure de ſept pintes, on aura celle de ſept ſeptiers, & ainſi de toutes les autres meſures.

Si la meſure diagonale d'une pinte eſt encore trop grande pour être portée à l'ouverture du premier ſolide, on y portera ſa moitié, & le compas de proportion reſtant ainſi ouvert, on prendra l'ouverture du ſecond ſolide, que l'on doublera pour avoir la diagonale de deux pintes; ayant pris de même l'ouverture du troiſiéme ſolide, on la doublera pour marquer ſur la jauge la diagonale de trois pintes, & ainſi du reſte.

Les marques des ſeptiers traverſeront toute la largeur de la verge, & ſur icelles on gravera les chifres qui expriment leurs nombres; les marques des pintes ſeront plus petites, pour les diſtinguer.

Afin que cette jauge puiſſe ſervir à meſurer pluſieurs ſortes de tonneaux diſſemblables, on pourra marquer d'autres diviſions ſur chacune de ſes faces, ſuivant les proportions des diametres, & longueur des differentes eſpeces de tonneaux uſitez dans le pays, & l'on marquera ſur un des bouts de chaque face les diametres & longueurs qui ont ſervi à faire les diviſions; par exemple, au bout de la face où l'on aura marqué la diviſion precedente, on écrira, diametre des fonds 20, diametre du milieu 22, longueur 30; ou pour abreger, diametre réduit 21. longueur 30.

Si pour les diviſions d'une autre face on ſe ſert des meſures d'un tonneau, dont le diametre de chaque fonds ſoit de vingt & un pouces, celui du milieu vingt-trois, & la longueur interieure vingt-ſept pouces & demi, ce tonneau plus court que l'autre, mais plus gros, contiendroit à peu près la même quantité, c'eſt-à-dire, vingt-ſept ſeptiers, & ſa diagonale ſeroit de vingt-ſix pouces.

Si un autre tonneau a toutes ses dimensions du tiers des precedentes, il contiendra un septier, & sa diagonale A C sera de huit pouces huit lignes; au moyen de quoi il sera facile de faire les divisions, comme nous avons dit ci-devant, & de marquer sur ladite face, diametre réduit 22, longueur 27 & demi.

Si l'on fait quatre divisions differentes sur les quatre faces de la regle, on aura sur cette même regle quatre differentes jauges qui serviront à mesurer quatre especes differentes de tonneaux, & l'on choisira celle qui conviendra le mieux pour jauger ceux qui se presenteront, en examinant les proportions de leurs diametres & longueurs.

Au lieu de se servir des jambes du compas de proportion pour diviser la jauge diagonale dont nous venons de parler, on peut encore mieux se servir de la table des solides, rapportée à la page 32. Ainsi ayant reconnu par le calcul, que la diagonale d'un tonneau qui contient 27 septiers, est de 26 pouces, il sera facile de trouver les autres diagonales des tonneaux de toute grandeur proposée, qui auront les mêmes proportions du diametre réduit à la longueur, comme de 22 à 27 & demi; ou pour abreger, comme de 4 à 5.

Soit proposé pour exemple à trouver la diagonale d'un quarteau contenant 9 septiers; cherchez dans la susdite table le nombre qui répond au neuviéme solide, vous trouverez 520; cherchez en même tems le nombre correspondant au vingt-septiéme solide, vous y trouverez 750; formez-en la regle de trois, de la maniere qui suit:

750. 520. 26. 18.

La regle étant faite, vous trouverez 18 pouces pour diagonale de 9 septiers. Les Tonneliers des environs de Paris, font à peu près leurs tonneaux dans les proportions de 4 à 5; comme seroit, par exemple, un demi-muid ayant 19 pouces 2 lignes de diametre réduit, & 24 pouces de longueur interieure, & dans ce cas sa diagonale seroit de 22 pouces 8 lignes & demie, comme il est aisé de reconnoître par le calcul.

L'autre espece de tonneau, dont il est parlé à la page 50, est plus long, car son diametre réduit est à sa longueur interieure comme 7 à 10.

Mais en general, si-tôt qu'on a reconnu les proportions usitées dans un pays pour la fabrique des tonneaux, on trouvera premierement la diagonale d'un vaisseau contenant certain nombre de septiers, par la quarante-septiéme du premier Livre d'Euclide, ou bien par l'experience, & ensuite les diagonales de tous les autres tonneaux faits dans les mêmes proportions, par le moyen de la susdite table des solides.

SECTION VI.

Contenant la construction & l'usage de plusieurs autres sortes de jauges.

LA jauge que nous avons ci-devant expliquée n'est propre qu'à mesurer des vaisseaux semblables; mais celles dont nous allons parler, peuvent servir à mesurer toutes sortes de vaisseaux cylindriques, quoiqu'ils ne soient pas semblables.

Ces methodes de jauger sont fondées sur la supposition que le tonneau

eſt égal au cylindre qui a ſa hauteur égale à la longueur interieure du tonneau, & ſa baſe égale au cercle dont le diametre eſt moyen proportionnel arithmetique entre les diametres à l'endroit des fonds, & celui du milieu ſous le bondon : ce qui eſt aſſez exact pour la pratique, principalement lorſqu'il y a peu de difference entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau.

Pour conſtruire la premiere ſorte de jauge, il faut déterminer la meſure dont on veut ſe ſervir, en la comparant avec quelque vaſe regulier, comme un cylindre concave, dans lequel on verſera une meſure du pays remplie d'eau ou de quelque autre liqueur, dont on marquera exactement le diametre & la profondeur occupée par ladite liqueur.

Si, par exemple, on veut faire cette jauge pour Paris, où la pinte contient quarante-huit pouces cubiques, ou bien ſoixante & un pouces cylindriques, on trouvera par le calcul, qu'un cylindre concave ayant trois pouces onze lignes & un tiers de diametre, & autant de profondeur, contient une pinte meſure de Paris, & qu'un cylindre dont les meſures ſont doubles, c'eſt-à-dire, de ſept pouces dix lignes & deux tiers, contient un ſeptier ou huit pintes, car les ſolides ſemblables ſont entre eux comme les cubes de leurs côtez homologues.

Cela ſuppoſé, portez cette longueur de 3 pouces 11 lignes 1 tiers ſur une des faces de la jauge, autant de fois qu'elle y pourra être compriſe, & y marquez des points, où vous écrirez 1, 2, 3, 4, 5, &c. vous ſubdiviſerez chacune de ces parties en quatre, ou plus, ſi vous voulez. Cette face ainſi diviſée, ſera appellée côté des parties égales, & ſervira à meſurer la longueur des tonneaux. Fig. 14.

Il faut auſſi marquer ſur une autre face de la jauge le diametre du même cylindre, que nous ſuppoſons pareillement de trois pouces onze lignes & un tiers, & enſuite les diametres des cercles doubles, triples, quadruples, &c. par quelqu'une des methodes ci-devant expliquées pour diviſer la ligne des plans du compas de proportion, dont la plus facile & la plus courte eſt de faire un triangle iſoſcele rectangle ABC, dont chacune des jambes autour de l'angle droit ſoit des trois pouces onze lignes un tiers, l'hypotenuſe BC ſera le diametre d'un cercle double; c'eſt pourquoi ayant prolongé vers D une deſdites jambes AB autant qu'il eſt beſoin pour y marquer tous les diametres des tonneaux qu'on veut meſurer, vous porterez de A vers D ladite hypotenuſe, & au point où elle ſe terminera vous marquerez le chifre 2; prenez enſuite la diſtance C 2, & l'ayant portée ſur la ligne AD, vous marquerez le chifre 3 au point où elle ſe terminera; prenez de même la diſtance C 3, & l'ayant portée ſur la ligne AD, vous y marquerez le chifre 4, & ainſi de tous les autres diametres que vous voudrez marquer ſur la jauge. Fig. 15.

Remarquez que la ligne A 4, qui eſt le diametre d'un cercle quadruple du premier eſt double de AC, ou AB, parce que les cercles ſont entre eux comme les quarrez de leurs diametres. Or AB étant 1, ſon quarré eſt 1, & la ligne A 4 étant ſuppoſée 2, ſon quarré eſt 4.

Pour vous ſervir de cette jauge, appliquez le côté des parties égales ſur la longueur exterieure du tonneau, dont il faudra diminuer la profondeur des jables de chaque fond, & l'épaiſſeur des douves qui compoſent les mêmes fonds, afin d'avoir au juſte ſa longueur interieure.

Appliquez ensuite le côté des diametres de ladite jauge sur le diametre des fonds du tonneau, & remarquez le nombre qui leur convient, & s'ils sont égaux ou non; car s'il y a quelque difference entre les diametres des fonds, il faut les égaler, en prenant la moitié de leur somme.

Faites encore entrer la jauge à plomb par le trou du bondon, afin d'avoir le plus grand diametre interieur de la coupe du milieu, que vous ajouterez avec le diametre des fonds, & en prendrez la moitié, pour avoir un diametre moyen arithmetique, lequel étant multiplié par la longueur interieure du tonneau, le produit vous marquera le nombre des mesures qu'il contient.

Soit pour exemple la longueur interieure d'un tonneau de quatre mesures & trois quarts, après en avoir diminué deux pouces de chaque côté sur la longueur exterieure, savoir un pouce & demi pour la profondeur des jables, & demi-pouce pour l'épaisseur des douves qui composent les fonds : soit aussi le diametre de chaque fonds 15 & le diametre du milieu 17 parties, j'ajoute 15 & 17, la somme est 32, dont la moitié est 16, que je multiplie par la longueur 4 & trois quarts, le produit 76 sera le nombre des pintes ou mesures contenues dans le tonneau proposé.

Pour la seconde sorte de jauge, on trouve par le calcul, qu'un cylindre qui a pour diametre 3 pieds 3 pouces & 6 lignes, & autant pour sa hauteur, contient mille pintes, mesure de Paris.

Prenez donc sur une regle une longueur de 3 pieds 3 pouces & 6 lignes; divisez cette longueur en dix; chacune de ces parties sera le diametre, & la hauteur d'un cylindre contenant une pinte, puisque les solides semblables sont entre eux comme les cubes de leurs côtez homologues : subdivisez encore chacune de ces parties en dix, ce qui se pourra facilement faire par le moyen de la ligne des parties égales du compas de proportion; chacune de ces dernieres parties sera la hauteur, & le diametre d'un cylindre solide contenant la milliéme partie d'une pinte. Vous ajouterez ces petites parties jusqu'au bout de votre regle, & les ayant chifrées de cinq en cinq, votre jauge sera faite. Vous lui pourrez donner quatre à cinq pieds de long, si vous voulez qu'elle serve pour mesurer de grands vaisseaux, comme sont les pipes, &c. *Fig. 16.*

Pour vous en servir, voyez combien les diametres des fonds & de la bonde, comme aussi la longueur du vaisseau, contiennent de petites parties de votre jauge.

Par la longueur du vaisseau, il faut entendre la longueur interieure, qui est l'espace compris en ligne droite entre les fonds; & par les diametres, on entend les diametres pris en-dedans entre les douves.

Si les diametres des fonds sont égaux, comparez l'un d'eux avec le diametre de la coupe du milieu, à l'endroit du boudon, le milieu entre les deux s'appellera le diametre égalé du tonneau.

Si les diametres des fonds ne sont pas égaux, ajoutez-les ensemble, & prenez-en la moitié, qui s'appellera le diametre égalé des fonds; comparez ensuite le diametre égalé avec le grand diametre du milieu au-dessous du bondon; ajoutez-les ensemble, & prenez la moitié de leur somme, pour avoir le diametre égalé du vaisseau.

Multipliez le diametre égalé du vaisseau par lui-même, & le produit par la longueur, vous aurez le nombre de milliémes de pintes contenues dans le vaisseau; tranchez donc les trois dernieres figures vers la droite, les restantes montreront combien ledit vaisseau contient de pintes.

Soit pour exemple le diametre de chaque fonds, 58 parties de ladite jauge, & le diametre du milieu 62, ajoutez ensemble ces deux nombres, vous aurez 120, dont la moitié 60 est le diametre égalé du vaisseau; multipliez ce nombre par lui-même, pour avoir son quarré 3600; supposons la longueur interieure du vaisseau 80 des mêmes parties; multipliez 3600 par 80, le produit sera 288000, dont ayant retranché les trois dernieres figures, on connoîtra que ce vaisseau contient 288 pintes, mesure de Paris.

Ces methodes de jauger sont assez exactes dans la pratique, lorsqu'il y a peu de difference entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau, comme aux muids qui se font aux environs de Paris; mais lorsque la difference est considerable, comme elle est aux pipes d'Anjou, dont le diametre du milieu est beaucoup plus grand que celui des fonds, la mesure faite par les methodes que nous venons de donner, seroit un peu plus petite que la veritable; mais pour en approcher, & la rendre plus juste, divisez en sept la difference qui fait l'excès du diametre du milieu, & ajoutez-en quatre au diametre égalé des fonds, comme, si par exemple le diametre des fonds étoit de 50 petites parties, & celui du milieu de 57 des mêmes parties, vous en prendrez 54 pour le diametre égalé du vaisseau, & ferez le reste, comme il a été dit ci-devant.

Ayant connu par la jauge combien un tonneau contient de pintes de Paris, on pourra trouver ce que le même vaisseau contient de toutes autres mesures par la methode suivante.

La pinte d'eau douce, mesure de Paris, pese trente-une onces poids de marc, c'est pourquoi il n'y aura qu'à faire peser dans le pays où l'on se trouvera, la mesure d'eau, & par une regle de proportion on trouvera ce que l'on cherche.

Si, par exemple, la mesure d'eau de quelque pays pese cinquante onces, & que l'on veuille savoir combien de pareilles mesures sont contenues dans un muid qui contient 288 pintes, mesure de Paris, on dira par une regle de trois, comme 50 sont à 31, ainsi 288 pintes sont à un quatriéme nombre, la regle étant faite, on trouvera 178 mesures & demie.

On pourroit marquer sur une des faces de ladite jauge les pieds & pouces, & subdiviser chaque pouce en quatre: ce qui donneroit un second moyen de jauger les tonneaux, qui servira comme de preuve. On marquera les pieds par des chifres romains, & les pouces par d'autres chifres plus petits.

Nous avons dit ci-devant que la pinte de Paris contient 61 pouces cylindriques. C'est pourquoi ayant réduit la solidité du vaisseau en pouces cylindriques, il faudra les diviser par 61, pour avoir le nombre des pintes qu'il contient. Un exemple ou deux vont donner tout l'éclaircissement necessaire.

Soit, par exemple, la longueur interieure d'un tonneau 36 pouces, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu du tonneau 25. Ajoutez ces deux diametres, leur somme est 48, dont la moitié est 24 pour le diametre égalé. Multipliez ce nombre 24 par lui-même, le produit est 576; & le multipliez encore par 36, vous trouverez 20736 pouces cylindriques, lesquels étant divisez par 61, le quotien est 339 pintes, & environ trois quarts.

Si les mesures dont on s'est servi pour la longueur & les diametres sont

des quarts de pouce, on divisera le dernier produit par 3904, pour avoir le nombre des pintes.

Soit, par exemple, la longueur interieure du vaisseau proposé 35 pouces & un quart, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu 25 pouces & un demi; ajoutez ensemble ces deux diametres, leur somme sera 48 & demi, & sa moitié 24 un quart, lesquels pour la facilité du calcul vous reduirez en quarts, le nombre est 97 qu'il faut multiplier par lui-même, le produit sera 9409, lesquels il faut multiplier par 141, à quoi se réduisent les 35 pouces un quart de longueur, ce dernier produit sera 1326669, lequel étant divisé par 3904, le quotien sera, comme ci-devant, 339 pintes, & environ trois quarts.

Construction & usage d'une nouvelle jauge.

MOnsieur Sauveur, Professeur Royal, & de l'Academie des Sciences, a bien voulu nous communiquer une nouvelle jauge de son invention, par le moyen de laquelle on trouve par la seule addition le contenu de toutes sortes de tonneaux, au lieu que toutes les manieres de jauger qui ont paru jusqu'à present, ne se peuvent executer que par des multiplications & divisions.

De la VII. Planche. Fig. 17.

Pour construire cette jauge, choisissez une piece de bon bois sec & sans nœuds, comme de cormier ou poirier, longue d'environ 5 pieds en forme de parallelipipede rectangle, & de 6 ou 7 lignes d'épaisseur à chacune de ses quatre faces qui doivent être égales. La figure 17 montre à peu près le dévelopement de ces quatre faces.

Sur la premiere de ces quatre faces on marquera des nombres qui serviront à mesurer les diametres des tonneaux.

Les divisions de la seconde face serviront à mesurer leurs longueurs.

Les divisions de la troisiéme face seront pour le contenu des tonneaux. Enfin, on trouvera sur la quatriéme face le nombre des septiers & pintes qu'ils contiennent.

Ces divisions se feront en la maniere qui suit.

Divisez premierement la quatriéme face de pouce en pouce, & chaque pouce en dix parties égales. Ces petites divisions marqueront des pintes, chifrant 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. & de 8 en 8 ce seront des septiers, puisqu'un septier contient huit pintes. Sur un des bouts de cette quatriéme face on écrira pintes & septiers.

On divisera les trois autres faces par le moyen des logarithmes, comme nous allons l'expliquer.

Les divisions de la quatriéme face serviront d'échelle pour la troisiéme qui lui doit être contigue.

Division de la troisiéme face pour le contenu.

POur placer un nombre sur la troisiéme face, comme, par exemple, 240, cherchez dans les logarithmes 2. 40, ou le nombre qui en approche le plus, vous le trouverez vis-à-vis 251; mettez donc 240 dans la troisiéme face vis-à-vis 251 pintes de la quatriéme face, & ainsi des autres.

J'ai

J'ai dit le nombre qui en approche le plus, car je ne trouve pas justement 2 40 vis-à-vis de 251, mais en sa place je trouve 2 3996 qui en approche, puisqu'il ne s'en manque que quatre unitez, en negligeant les trois dernieres figures du nombre entier marqué dans les tables des logarithmes.

Cependant pour ne rien negliger de l'exactitude necessaire, en faisant ces divisions, j'ajoute 1 au premier chifre & au lieu du logarithme 240, je cherche 340, vis-à-vis duquel je trouve 2512 qui signifie qu'il faut placer le logarithme 240 vis-à-vis de 251 division des pintes, & deux parties davantage d'une pinte, qu'on doit supposer être divisée en dix. Sur un des bouts de la troisiéme face on écrira *Contenu.*

Division de la seconde face pour les longueurs.

UN vaisseau cylindrique ayant 3 pouces 11 lignes & 1 tiers de diametre, & autant de profondeur ou de longueur, contient une pinte, mesure de Paris; c'est pourquoi la premiere partie de la seconde face qui est sans division, doit être de cette longueur qu'il faut poser dix fois & plus, si l'on veut, le long de ladite face, en marquant seulement des points occultes. Une de ces parties doit être divisée en cent sur une regle separée qui servira d'échelle.

Pour placer un nombre sur la seconde face comme 60, cherchez dans les logarithmes le nombre 60, qui se trouvera entre 39 & 40, ou plûtôt vis-à-vis de 3981, sans avoir égard aux chifres 1, 2, 3, qui le precedent, & qui se nomment Lettres caracteristiques. C'est pourquoi je prends 98 ou 981, en estimant une partie divisée en dix sur la petite échelle divisée en 100, & je pose cet intervalle après le troisiéme point occulte qui marque trois centaines ou trois mille. Il faut ainsi marquer toutes les divisions de cinq en cinq, & les subdiviser en cinq parties égales. Enfin, sur le bout de cette face, on écrira *Longueurs.*

Division de la premiere face pour les diametres.

LA premiere partie de cette face qui est sans division, represente le diametre d'un vaisseau cylindrique contenant une pinte, mesure de Paris; c'est pourquoi sa longueur doit être de trois pouces onze lignes un tiers, de même que la premiere partie de la seconde face.

Pour le reste, portez-y les divisions de la seconde face, mais au lieu d'écrire 5, 10, 15, 20, 25, &c. écrivez-y leur double 10, 20, 30, 40, 50, &c. & subdivisez les intervalles en 10, & sur le bout de cette face écrivez *Diametres.*

USAGE

MEsurez avec la premiere face *des diametres* le diametre moyen du tonneau : marquez ce diametre par nombres de la jauge, ajoutant les subdivisions par 10, qui ne sont pas marquées; je suppose que le diametre moyen tombe sur 153. 00

Mesurez de même la longueur interieure du vaisseau avec la seconde face *des longueurs*, je suppose qu'elle tombe sur 92 85

Ajoutez ensemble ces deux logarithmes, 153 00

92 85

245 85

Cherchez cette somme 245 85 sur la troisiéme face du contenu, vous trouverez vis-à-vis sur la quatriéme face 36 septiers ou 288 pintes de Paris.

Pour rendre cette mesure generale.

PEsez une pinte d'eau douce, mesure du pays ; je suppose qu'elle pese cinquante onces, poids de marc.

Cherchez 31 onces, poids de la pinte de Paris sur la quatriéme face *des septiers*, ce nombre 31 répondra vis-à-vis de 239 4 de la troisiéme échelle.

Cherchez de même 50 sur la quatriéme face, il répond vis-à-vis de 260 2

De	260 2	Il faut ensuite de	245 85 trouvé ci-devant,
Otez	239 4	Oter	20 80
Restera	20 8	Restera	225 05

Vis-à-vis de ce nombre 225 05 pris dans la troisiéme échelle du contenu, vous trouverez dans la quatriéme échelle 22 septiers 2 pintes, ou 178 pintes du pays proposé, & ainsi des autres.

Des differentes mesures du vin.

LE poisson est la plus petite mesure, dont on se sert pour mesurer le vin à Paris, il contient environ un verre de feugere d'une moyenne grandeur.

Deux poissons sont le demi-septier.

La chopine contient deux demi-septiers.

La pinte deux chopines.

Nous avons dit ci-devant ce que la pinte contient de pouces.

La quarte contient deux pintes.

Le septier, huit pintes de Paris.

Le quarteau contient neuf septiers.

Le demi-muid, dix-huit septiers ; & le muid, trente-six.

La demi-queue de Champagne contient vingt-quatre septiers.

La demi-queue d'Orleans, vingt-sept septiers.

La demi-queue de Beaune, trente septiers.

Le bussard d'Anjou est de trente à trente-deux septiers, & le gros bussard en contient trente-six à quarante.

Le muid de Mantes contient trente-neuf à quarante septiers.

La pipe, cinquante-quatre septiers.

Et la pipe de Coignac soixante-six à septante septiers.

Il y a encore d'autres mesures rondes ou cylindriques qui servent à mesurer les grains, le sel, les fruits & d'autres choses semblables.

Le litron, dont on se sert à Paris, contient trente-six pouces cubes, les demis & quarts à proportion.

Le boiſſeau contient ſeize litrons.

Le minot de ſel contient quatre boiſſeaux, & doit peſer cent livres.

Le minot de bled contient trois boiſſeaux.

Le ſeptier contient quatre minots, ou douze boiſſeaux.

Le muid eſt de douze ſeptiers, mais celui d'avoine eſt double de celui de bled.

Le minot de charbon contient huit boiſſeaux, & la voie qui eſt un ſac, eſt de deux minots.

Le muid de plâtre contient trente-ſix ſacs, & chaque ſac deux boiſſeaux.

Toutes ces meſures doivent être raſes, & les étalons ou matrices qui ont été reglées en l'année 1669, ſe conſervent en l'Hotel de Ville de Paris au Bureau des Meſureurs de Sel.

SECTION VII.

Des uſages de la ligne des métaux.

USAGE PREMIER.

Etant donné le diametre d'une boule de quelqu'un des ſix métaux, trouver le diametre d'une autre boule de même poids, & duquel on voudra deſdits métaux.

PRenez le diametre donné, & le portez à l'ouverture des deux points marquez du caractere qui dénote le métal de la boule; & le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des points cottez du caractere qui ſignifie le métal dont on veut faire la boule, cette ouverture ſera ſon diametre. Soit pour exemple A B, le diametre d'une boule de fer qui ſoit de même poids; portez la ligne A B à l'ouverture des points ♄ qui marquent le plomb, & prenez enſuite l'ouverture des points ♂ qui dénote le fer, cette ouverture donne la longueur C D pour diametre de la boule de fer d'un poids égal à celle de plomb, & ainſi des autres. Fig. 18.

Si au lieu de boules on propoſe des corps ſemblables ayant pluſieurs faces, faites la même operation que deſſus pour trouver chacun des côtez homologues, les uns aprés les autres, afin d'avoir les longueurs, largeurs & épaiſſeurs des corps qu'on veut conſtruire.

USAGE II.

Trouver la portion que les ſix métaux ont entre eux ſelon leur péſanteur.

ON demande, par exemple, quelle proportion auroient entre eux deux corps ſemblables de même grandeur & volume, mais de differens métaux.

Prenez ſur la ligne des métaux la diſtance du centre de la charniere juſqu'au point du caractere qui dénote le métal moins peſant des deux propoſez, qui eſt toujours le plus éloigné dudit centre; portez cette diſtance ſur la ligne des ſolides, à l'ouverture duquel nombre vous voudrez;

& le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez sur la ligne des métaux la distance du centre de la charniere jusqu'au point qui marque l'autre métal, & les portant sur la ligne des solides, voyez si elle peut convenir à l'ouverture de quelque nombre ; si elle y convient, ces deux nombres exprimeront la proportion des deux métaux proposez, en permutant les nombres.

Soit proposé, par exemple, de trouver quelle raison a le poids d'une certaine masse ou lingot d'or au poids d'un autre lingot d'argent semblable & de même volume. Comme l'argent pese moins que l'or, je prends la distance du centre de la charniere jusqu'au point cotté ☽, & la porte à l'ouverture du cinquantiéme solide, puis je prends la distance du même centre au point marqué ☉, & trouve qu'elle convient environ à l'ouverture du vingt-septiéme solide, peu plus, d'où je conclus que le poids de l'or est à celui de l'argent, comme 50 à 27 un sixiéme, ou comme 100 à 54 un tiers ; c'est à-dire, que si le lingot d'or pese 100 livres celui d'argent pesera 54 livres & un tiers ; & ainsi des autres métaux, dont la proportion est exprimée plus exactement par les nombres de livres & onces que pese un pied cube de chacun de ces métaux, rapportez ci-devant en parlant de la preuve de la ligne des métaux, & en la table ci-après ; si néanmoins on veut exprimer leur proportion par de plus petits nombres, on trouvera que si un lingot d'or est supposé peser cent marcs, un lingot de plomb de même grosseur & volume en pesera environ soixante & demi, un d'argent 54 un tiers, un de cuivre 47 un quart, un de fer 42 un dixiéme, & un d'étain 39.

USAGE III.

Etant donné quelque corps que ce soit de l'un des six métaux, trouver combien il faut d'un des cinq autres métaux, pour faire un autre corps semblable & égal au proposé.

Soit pour exemple un reliquaire d'étain, on propose d'en faire un autre d'argent tout semblable, & de même grandeur. Premierement je pese ce reliquaire d'étain, & trouve qu'il pese 36 livres ; c'est pourquoi je prends sur la ligne des métaux la distance du centre du compas de proportion jusqu'au point marqué ☽, qui est le métail dont on veut faire le nouveau reliquaire, & porte cette distance à l'ouverture du trente-sixiéme solide qui est le poids supposé du reliquaire d'étain ; puis je prends encore sur ladite ligne des métaux la distance du centre au point marqué ♃, qui dénote le métail du reliquaire d'étain, & portant cette distance à l'ouverture de quelque solide, je trouve qu'elle convient au cinquantiéme un peu plus : ce qui me fait connoître qu'il faut environ cinquante livres d'argent & un quart, pour faire un reliquaire semblable, & de même grandeur que celui d'étain proposé.

La preuve de cette operation se peut faire par le calcul, savoir en multipliant reciproquement ces differens poids par ceux d'un pied cube de chacun de ces métaux, comme en cet exemple, multipliant 720 livres 12 onces, qui est le poids d'un pied cube d'argent par 36 livres qui est

le poids dudit reliquaire d'étain, & ensuite multipliant 516 livres 2 onces, qui est le poids d'un pied cube d'étain par 50 livres un quart, qui est le poids du reliquaire d'argent, les produits de ces deux multiplications doivent être à peu près égaux.

USAGE IV.

Etant donnez les diametres, ou côtez de deux corps semblables, de divers métaux, trouver en quelle raison sont les poids de ces deux corps.

Soit, par exemple, la ligne droite EF le diametre d'une boule d'étain, & GH le diametre d'une boule d'argent, il faut trouver la raison des poids de ces deux boules. Prenez le diametre EF, & le portez à l'ouverture des points ♃, qui dénotent le métal de cette boule; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des points ☽, qui dénotent le métal de l'autre boule; comparez cette ouverture avec le diametre GH, afin de reconnoître si elle lui est égale, car en ce cas les deux boules seroient de même pesanteur. Mais si le diametre de la boule d'argent est plus petit que l'ouverture des point ☽, comme est ici KL, c'est une marque que la boule d'argent pese moins que celle d'étain, & pour connoître de combien, il faut comparer ensemble sur la ligne des solides les diametres GH & KL, c'est pourquoi portez ladite ouverture des points ☽, qui est ici GH à l'ouverture de quelque solide, comme, par exemple, du 60me; voyez ensuite à quel autre solide convient le diametre KL, & supposant qu'il convienne à l'ouverture du 20me solide, c'est une marque que la boule d'argent, dont le diametre est KL, ne pese que le tiers de la boule d'étain, dont le diametre est EF.

Fig. 19.

USAGE V.

Etant donnez le poids & le diametre d'une boule, ou le côté de quelqu'autre corps d'un des six métaux, trouver le diametre, ou le côté homologue d'un autre corps semblable d'un des cinq autres métaux, lequel soit d'un poids donné.

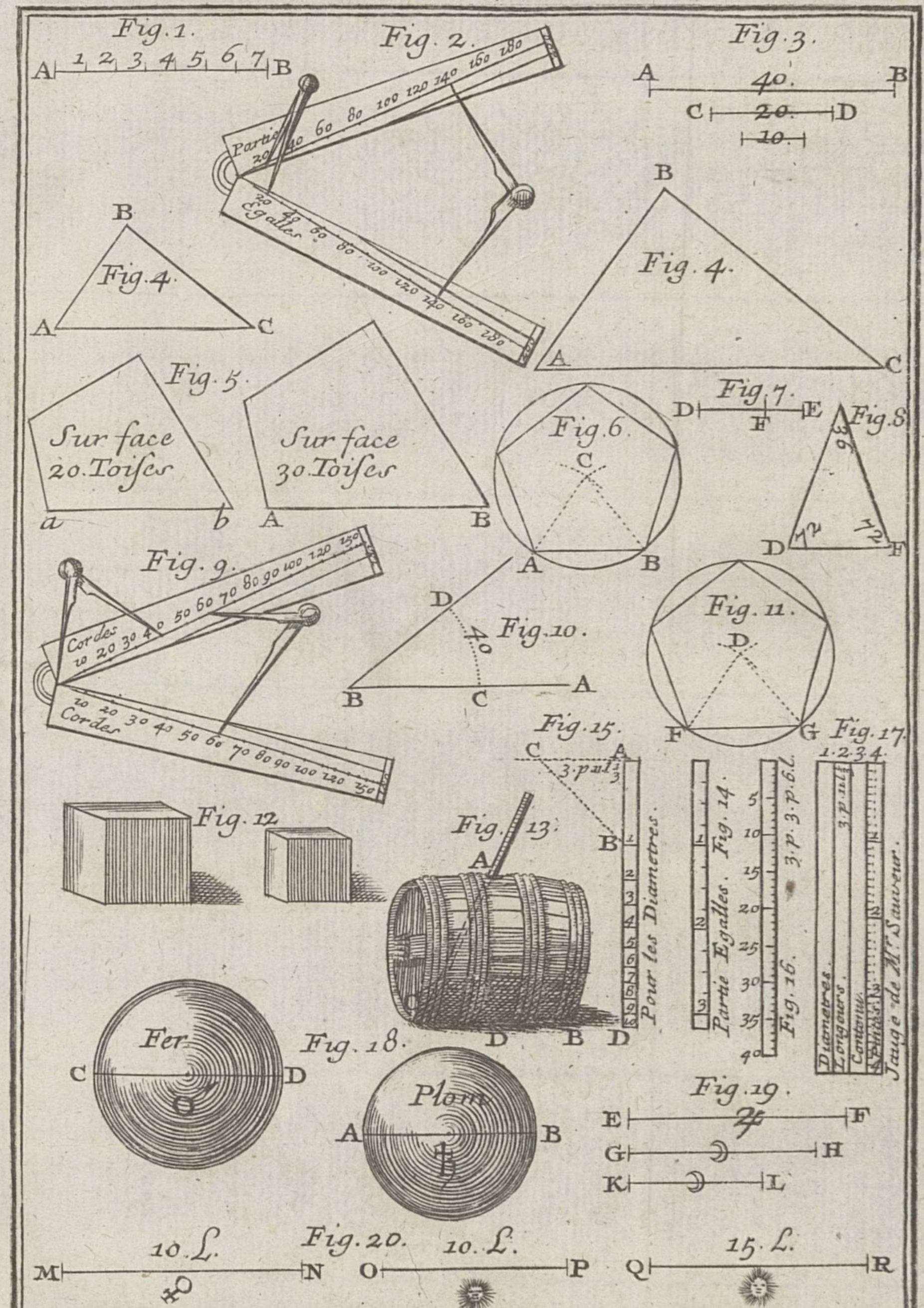
Soit, par exemple, la ligne droite MN le diametre d'une boule de cuivre qui pese dix livres, on demande le diametre d'une boule d'or qui pese quinze livres. Il faut premierement trouver par la ligne des métaux le diametre d'une boule d'or de poids égal à celle de cuivre, & puis l'augmenter par la ligne des solides. Portez pour cet effet le diametre MN à l'ouverture des points ♀, qui dénote le cuivre, & prenez l'ouverture des points ⊙, qui dénote l'or, marquez le diametre de la boule d'or OP du poids de dix livres, & le portez à l'ouverture du dixiéme solide. Prenez ensuite l'ouverture du quinziéme; cette derniere ouverture QR donnera le diametre d'une boule d'or pésant quinze livres, comme on l'a demandé.

Fig. 20.

Voici une table du poids de differentes matieres, réduit au pied & au pouce cubes.

	Le poids d'un pied cube.			*Le poids d'un pouce cube.*	
Or	1326 livres	4 onces.	12 onces	2 gros	52 grains.
Vif-argent	946	10	8	6	8
Plomb	803	2	7	3	30
Argent	720	12	6	5	28
Cuivre	627	12	5	6	38
Fer	558	0	5	1	24
Etain	516	2	4	6	17
Marbre blanc	188	12	1	6	0
Pierre de taille	139	8	1	2	24
Plâtre	85	0	0	5	6
Ardoiſe	150	0	1	7	12
Tuile	127	0	1	0	18
Eau de Seine	69	12	0	5	12
Eau de Mer	70	10	0	6	0
Vin	68	6	0	5	5
Cire	66	4	0	4	65
Huile	64	0	0	4	43

Fin du ſecond Livre.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Parties Egalles
Fig. 4.
Fig. 5.
Sur face 20. Toises
Sur face 30. Toises
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Cordes
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Pour les Diametres.
Partie Egalles.
Jauge de Mr. Sauveur.
Fig. 18.
Fer
Plom
Fig. 19.
Fig. 20.
10. L.
10. L.
15. L.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS COMPAS ET AUTRES INSTRUMENS CURIEUX,

Qui servent ordinairement au Cabinet.

LIVRE TROISIE'ME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages de plusieurs differens compas.

NOUS avons déja parlé des compas qui se mettent ordinairement dans les étuis de Mathematique, il nous reste à parler de quelques autres que l'on y place aussi quelquefois, dont les longueurs sont arbitraires.

Construction du compas à pince.

CE compas se nomme compas à pince, à cause d'une entaille qui est au milieu du corps, en sorte qu'étant fermé, on l'ouvre facilement d'une main, en pressant les doigts l'un contre l'autre. Nous avons dit que

Planche VIII. Fig. A.

la principale bonté des compas consiste en ce que leurs mouvemens soient bien doux, & qu'ils s'ouvrent & ferment bien également ; il faut pour cela que les charnieres soient bien fendues & très-égales d'épaisseur ; on se sert pour cela d'une scie d'acier, la tête est fendue en deux fois, de maniere qu'il reste au milieu un simple de l'épaisseur d'une carte à jouer ; l'autre jambe du compas est fendue par le milieu de la charniere, pour recevoir le simple qui a été reservé à la tête ; il faut ensuite limer & dresser les charnieres, en sorte qu'elles joignent bien par tout ; on perce ensuite le compas au milieu de la tête d'un trou d'une grosseur proportionnée à la grandeur du compas, les plus petits sont ordinairement d'une ligne de diametre, & les plus gros environ de deux lignes, mais il faut que le clou soit bien rond, & qu'il remplisse exactement le trou de la tête. Quand il est rivé, on fait couler un peu de cire jaune entre les charnieres, en faisant chaufer la tête du compas, cela empêche que le métail ne s'attache l'un contre l'autre, en l'ouvrant ou le fermant ; on y met ordinairement deux rosetes tournées qui servent de contrerivures, & maintiennent la tête. La petite vis qui est au bas du corps du compas, sert à avancer ou reculer la pointe d'acier tant & si peu que l'on veut : c'est ce qui fait qu'on le nomme compas de division. Cette pointe est attachée par deux clous au haut du compas, en sorte qu'elle fait ressort en tournant la vis ; l'autre pointe d'acier est soudée au feu, comme toutes les autres pointes de compas qui sont fixes. On fait pour cela ausdites pointes une entaille plate, que l'on fait entrer dans une fente faite au bas du corps du compas, en sorte qu'elles se joignent bien, afin que la soudure les fasse tenir fortement. On se sert ordinairement de soudure d'argent au tiers de cuivre, c'est-à-dire, qu'on met deux fois plus d'argent que de cuivre ; par exemple, sur un gros d'argent, on met un demi-gros de laiton que l'on fond ensemble dans un creuset, & qu'on amincit ensuite au marteau de l'épaisseur d'une bonne carte, pour les couper ensuite en petits morceaux, pour la faire couler plus facilement ; on se sert aussi assez souvent de soudure de cuivre mêlée avec du zin, on fond ensemble trois quarts de laiton avec un quart de zin qu'on jette ensuite tout fondu dans l'eau froide, afin de la rendre en petite grenaille ; il faut avoir soin de poudrer l'endroit qu'on veut souder avec du borax broyé bien fin, c'est ce qui fait couler & penetrer la soudure aux jointures qu'on veut souder ; ce que je dis ici de la maniere de souder les pointes de compas, se doit entendre de même de toutes autres pieces qu'on veut souder.

Du compas à l'Allemande.

Fig. B. CE compas a ses branches un peu courbées, en sorte que les pointes ne se joignent que par les bouts ; il change de pointes, c'est-à-dire, qu'il y en a plusieurs qui s'ajustent dans un petit trou quarré fait à la boéte où est la vis qui sert à les retenir fermes. Il faut que ces pointes entrent bien juste dans le petit trou quarré, afin qu'elles ne vacillent point. On met quelquefois à ces sortes de compas une pointe à tire-ligne, afin de tracer des lignes grosses ou menues par le moyen de la petite vis qui approche ou écarte les pointes du tire-ligne ; on le fait à mouvement par le moyen d'une petite charniere à peu près comme la tête du compas, afin de pouvoir

pouvoir mettre ladite pointe perpendiculaire sur le papier, le compas étant peu ou beaucoup ouvert ; la petite figure marquée 3 donne une idée de cette pointe ; le porte-crayon marqué 2 est aussi mobile, afin que le crayon soit aussi à plomb dans les grandes ouvertures de compas ; la pointe à roulete marquée 1 sert à faire des lignes ponctuées ; elle a aussi un mouvement de la même maniere, & pour la même raison que le tire-ligne. On met dans l'un & dans l'autre de l'encre avec une plume entre les lames, afin de ne pas s'exposer à gâter les desseins. Ce qu'on appelle roulete est une petite roue de cuivre, ou autre métal d'environ deux à trois lignes de diametre, autour de laquelle on fait de petites dents pointues ; elle est attachée au bout de deux petites lames de laiton par une petite goupille, de maniere qu'elle tourne librement, à peu près comme un éperon ; les pointes des dents doivent être assez proches l'une de l'autre, pour ne pas faire des points trop éloignez. Le reste de ce compas se fait de la même maniere que celui dont je viens de parler ; je dirai seulement qu'il doit être bien ajusté, & limé bien plat par-tout. La beauté d'un compas consiste aussi en ce qu'il soit bien adouci & bien poli ; on se sert pour cela d'une pierre douce qu'on passe à l'eau sur tous les pans du compas ; on prend ensuite un bâton de bois doux qu'on applatit, & qu'on passe bien droit sur toutes les parties du compas avec de la potée d'émeri trempée dans de l'huile, ou du tripoli bien fin ; on essuie bien après tout le compas avec un linge blanc ou un morceau de chamois.

Construction du compas à ressort.

CE compas est fait tout d'acier trempé, c'est-à-dire, dur par-tout en sorte que la lime ne peut y mordre, & sa tête est contournée de telle maniere qu'il s'ouvre de lui-même par son ressort. La vis qui le traverse en arc, sert à l'ouvrir & le fermer tant qu'on le veut par le moyen de l'écrou qui est derriere. Cette sorte de compas est fort commode pour prendre de petites mesures, & faire de petites divisions, mais ils doivent être un peu courts, & trempez de maniere qu'ils fassent bien ressort, & qu'ils ne cassent pas. Fig. C.

Construction du compas d'horlogeur.

CE compas est nommé compas d'horlogeur, il est fort & solide, car son usage ordinaire est de servir à couper le carton, le cuivre & autres choses semblables. Le quart de cercle qui le traverse est pour l'arrêter fixement à une ouverture, en serrant la vis qui apuie sur ledit quart de cercle qui est souvent d'acier ; l'écrou qui est à son extremité sert à ouvrir & fermer le compas tant & si peu qu'on le veut, en tournant ledit écrou qui doit être rivé de telle maniere à la branche du compas, qu'il fasse avancer ou reculer l'autre branche ; les quatre pointes doivent être d'acier bien trempé, comme nous allons l'expliquer. Celle marquée 1 est limée en talud à peu près comme un burin, pour couper le cuivre ; celle marquée 2 est faite en maniere de champignon pointu, pour remplir les centres de differentes grandeurs ; les deux autres pointes sont comme à Fig. D.

l'ordinaire, excepté qu'elles doivent être fortes à proportion des compas ; le reste de la construction est comme ci-devant.

Pour tremper les pointes de compas ou autres pieces d'acier, on doit s'y prendre de differentes manieres ; par exemple, les bouts des pointes des petits compas se trempent à la chandelle par le moyen d'un chalumeau de cuivre, car en souflant dedans, cela fait un rayon de flâme fort vif qui rougit en un instant les pointes qu'il faut tremper aussi-tôt dans le suif de chandelle ; alors quand les pointes sont d'acier, elles deviennent très-dures : les pointes des gros compas & autres outils d'acier se trempent au feu, en les faisant rougir d'une couleur de cerise ; les faisant tremper en cet état dans l'eau, cette matiere devient fort dure. Je donnerai à la fin de cet ouvrage un description des principaux outils dont on se sert pour faire les instrumens de Mathematique, & j'expliquerai en abregé leurs principaux usages.

Construction du compas à trois branches.

Fig. E. CE compas sert à prendre trois points à la fois, pour former un triangle tel qu'il peut être, & aussi pour placer trois positions à la fois d'une carte que l'on veut copier, &c.

La construction de ce compas est à peu près comme les autres, excepté que la troisiéme branche doit avoir un mouvement en tout sens, & cela se fait par le moyen du clou tourné qui sert à river par un bout les deux branches ordinaires, & à l'autre bout il doit y avoir une rosete & une plaque ronde qui sert de charniere à la troisiéme branche, qui se rive comme les autres compas. La petite figure 1 marque comment ce clou est fait ; ce compas a ses pointes d'acier comme les autres. (Fig. 1.)

Du compas à cartes marines.

Fig. F. CE compas a ses jambes recourbées & rélargies vers la tête, afin que l'on puisse l'ouvrir d'une seule main ; ce qui se fait en pressant les deux branches dans la main ; sa figure fait assez connoître sa construction, & nous parlerons de son usage, en traitant des instrumens de la Navigation.

Construction du compas de reduction simple.

Fig. G. ON nomme ce compas de reduction & de division, à cause qu'il est fait pour diviser une ligne, & reduire un plan de petit au grand, & du grand au petit. On en fait qui servent à diviser une ligne en deux, d'autres en trois, d'autres en quatre, en cinq, &c. Il faut bien prendre garde en le construisant, que la tête soit percée en ligne droite avec les branches, & que le dedans des pointes d'acier n'avance pas plus l'une que l'autre. Si, par exemple, on veut faire un compas qui serve à prendre la moitié d'une ligne, il faut que depuis le centre du clou jusqu'à l'extremité des plus longues pointes, il y ait bien exactement deux fois la longueur des plus courtes, & ainsi à proportion des autres mesures Le compas de la figure G est fait pour prendre le tiers d'une figure, c'est pourquoi depuis le centre marqué 5 jusqu'aux deux extremitez des pointes

marquées 2, il y a trois fois la longueur depuis le même centre jusqu'aux extremitez des petites pointes marquées 3 & 4; en sorte que si l'on veut avoir le tiers de la ligne 2, 2, il faut prendre toute sa longueur avec le plus grand côté du compas, lequel restant ainsi ouvert, les plus petites branches donneront ce tiers qui sera la ligne 3, 4.

Construction du compas de reduction à tête mobile.

CEt instrument est une autre sorte de compas de reduction ou division à tête mobile; il sert à diviser une ligne proposée en parties égales, comme aussi à diviser la circonference de tout cercle, pour y inscrire tout polygone regulier. Fig. H.

Cette sorte de compas est composée de deux jambes égales, dont chacune est garnie de deux pointes d'acier. Ces jambes sont évidées pour y faire couler une espece de boète, au milieu de laquelle il y a une vis qui sert de clou pour les joindre, & les serrer en divers endroits avec l'écrou; mais il faut que les branches soient évidées bien juste au milieu, ensorte que le centre du clou soit en ligne droite avec le dedans des pointes, que la boète coule très-justement au long des branches, & que la vis à tête remplisse exactement le trou de la boète, afin que rien ne vacille quand il est serré avec l'écrou.

La figure 1 presente la vis, la figure 2 marque l'écrou, la figure 3 montre la moitié de la boète qui doit se joindre avec une pareille moitié. On voit par cette petite figure qu'il y a une épaisseur au milieu pour remplir exactement le vuide des branches; ce qui est ombré des deux côtez est pour embrasser les deux côtez des branches, en sorte que cette moitié de boète doit être juste d'épaisseur, & couler au long d'une des branches; elle doit être aussi percée pour recevoir la vis; il faut ajuster une pareille moitié de boète à l'autre branche pour joindre les deux ensemble, & on les fait tenir ferme à telle ouverture qu'on veut par le moyen de l'écrou; la figure 1 est une des branches separées, où sont les divisions des parties égales, car sur une des jambes on marque d'un côté les chifres qui servent à diviser toute ligne donnée en parties égales, & sur l'autre jambe on marque de l'autre côté les chifres qui servent à inscrire dans un cercle proposé tout polygone regulier. Fig. H. 1. 2. 3.

Pour faire la division des lignes en parties égales, ayez une échelle bien divisée qui soit de la même grandeur que tout le compas de reduction; ou plutôt servez-vous d'un compas de proportion, parce qu'il peut servir d'échelle de plusieurs grandeurs.

Prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de reduction, & la portez sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouveriure de 120, lequel restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun 40 des mêmes parties, que vous porterez sur une des jambes du compas de reduction, depuis le bout de la plus courte pointe, & y marquerez le chifre 2, qui servira pour diviser en deux parties égales toute ligne proposée.

Le compas de proportion restant toujours de la même ouverture, prenez 30 parties égales, que vous porterez sur ladite jambe du compas de re-

duction, pour y marquer le nombre 3, qui servira pour partager en trois parties égales toute ligne proposée.

Prenez ensuite 24 parties égales, & l'ayant porté sur la jambe du compas de reduction, marquez-y le nombre 4, qui servira pour diviser la ligne donnée en quatre parties égales.

Prenez de même 20 parties égales, & l'ayant porté sur la jambe du compas, marquez-y le nombre 5 pour servir à diviser la ligne proposée en cinq parties égales.

La même ouverture du compas de proportion peut servir encore à diviser en 7, en 9 & en 11 parties égales; mais pour éviter les fractions, il faudra changer ladite ouverture, pour diviser en 6, en 8, en 10 & en 12.

Avant que de changer ladite ouverture du compas de proportion, prenez avec le compas commun quinze desdites parties égales, que vous porterez sur la jambe du comps de reduction, & y marquerez le nombre 7, pour diviser toute ligne donnée en sept.

Prenez ensuite 12, pour marquer sur ladite jambe le nombre neuf.

Prenez enfin 10, pour marquer sur ladite jambe le nombre 11, qui servira pour diviser en onze toute ligne donnée.

Mais pour diviser en 6, prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de reduction; portez-la sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 140; & ce compas restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 20, portez-la sur la jambe du compas de reduction, pour y marquer le nombre 6, qui servira pour diviser toute ligne donnée en six parties égales.

Ayant pris de même la longueur entiere d'une des jambes du compas de reduction, portez-la sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 180, & prenez-en vingt, & avec cette ouverture marquez sur la jambe du compas de reduction le nombre 8, qui servira pour diviser en huit toute ligne proposée.

Portez de même toute la longueur du compas de reduction à l'ouverture de 110, dont vous prendrez 10 pour marquer sur la jambe du compas de reduction le nombre 10 qui servira pour diviser en dix toute ligne donnée.

Portez enfin la longueur du compas de reduction à l'ouverture de 120, dont vous prendrez 10 pour marquer sur la jambe du compas de reduction le nombre 12, qui servira pour diviser toute ligne donnée en douze.

L'usage en est facile: car si, par exemple, vous voulez diviser une ligne droite en trois parties égales, poussez la boète, en sorte que le milieu de la vis se trouve justement sur le point marqué 3, & l'ayant arrêté fixement sur ce point, ouvrez le compas de reduction, en sorte que les deux pointes des plus longues parties des jambes conviennent exactement à la longueur de la ligne droite proposée; puis ayant tourné le compas, sans changer son ouverture, les deux plus courtes parties desdites jambes diviseront en trois parties égales la ligne droite proposée; & ainsi des autres.

Pour faire la division des polygones reguliers, divisez en deux parties égales la jambe du compas de reduction; prenez avec le compas commun sa moitié juste, & la portez à l'ouverture des chifres 6 de part & d'autre de la ligne des polygones du compas de proportion, lequel restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des chifres 3 pour le triangle équilateral, &

portez-la ſur la jambe du compas de reduction, commençant par l'extremité de ladite jambe, ſur laquelle vous marquerez le même chifre 3; prenez enſuite l'ouverture des chifres 4 ſur le compas de proportion pour le quarré, portez-la ſur la même jambe du compas de reduction, & du même côté, pour y marquer le même nombre 4; prenez de même avec le compas commun l'ouverture des nombres 5 de part & d'autre ſur la ligne des polygones du compas de proportion, & ayant porté cette longueur ſur la jambe du compas de reduction, marquez-y le même nombre 5 pour le pentagone; faites la même choſe pour l'eptagone, & pour tous les autres polygones juſqu'au dodecagone. Il ſeroit inutile d'y marquer l'exagone, puiſque le demi-diametre de tout cercle diviſe ſa circonference en ſix parties égales.

Il eſt aiſé de remarquer que les côtez du triangle, du quarré, & du pentagone, ſont plus grands que le demi-diametre du cercle dans lequel on les veut inſcrire, & que les côtez de l'eptagone, octogone, & de tous les autres, ſont plus petits que le demi-diametre du cercle où ils ſont inſcrits.

L'uſage en eſt facile, & ſe pratique ainſi. Si, par exemple, vous ſouhaitez inſcrire un pentagone dans un cercle propoſé, pouſſez la couliſſe en ſorte que le milieu de la vis ſoit arrêté fixement ſur le chifre 5 des polygones. Prenez avec les plus courtes jambes du compas de reduction le demi-diametre du cercle, & tournez ledit compas, ſans y rien changer, l'ouverture des plus longues jambes diviſera le cercle en cinq parties égales.

Mais ſi l'on propoſe d'inſcrire un eptagone, arrêtez la vis ſur le nombre 7, prenez avec les plus longues jambes le demi-diametre du cercle propoſé, & retournant ledit compas, l'ouverture des plus courtes jambes diviſera le cercle en ſept parties égales.

Du compas à couliſſe.

CE compas ſe nomme compas à branche ou à couliſſe; il eſt fait d'une branche quarrée de cuivre ou d'acier bien dreſſée, longue depuis un pied juſqu'à 3 ou 4. Il y a deux boëtes de cuivre quarrées qui embraſſent exactement ladite branche, à chacune deſquelles ſe monte à vis une pointe d'acier, que l'on peut démonter pour en mettre une autre qui porte encre ou un crayon. Il y a une de ces boëtes qui coule au long de la branche, & qui s'arrête à l'endroit où l'on veut par le moyen de la vis qui appuie ſur un petit reſſort. L'autre boëte eſt preſque fixe à un des bouts, où il y a un écrou qui lui eſt attaché de maniere que le faiſant tourner autour de la vis qui eſt à l'extremité de la branche, il fait avancer ou reculer la pointe d'acier, tant & ſi peu qu'on le ſouhaite.

VIII. Planche. Fig. K.

Ces ſortes de compas ſervent à prendre de grandes longueurs, comme auſſi à tracer bien juſte de grandes circonferences, & à les diviſer bien exactement.

Conſtruction du compas à tracer les ellipſes ou ovales.

CEt inſtrument eſt fait pour tracer des ovales ou ellipſes de differentes eſpeces; il eſt compoſé d'une branche de cuivre quarrée bien droite & bien égale d'environ un pied de longueur, ſur laquelle ſont

Fig. L.

ajustées trois boètes pour couler au long de ladite branche. A l'une de ces boètes se monte à vis une pointe d'acier ordinaire, ou bien une pour tracer à l'encre, & quelquefois un porte-crayon. On joint aux deux autres boètes deux coulisses à queue d'aronde ou en talud, comme la petite figure 1 le montre. Ces coulisses s'ajustent au long des branches de la croix, sur laquelle sont attachées de petites regles à bizeaux, ou en talud par-dessous, de même que la coulisse à queue d'aronde. Lesdites coulisses qui sont attachées par un clou rond, & qui tournent en tout sens sous les boètes quarrées, font qu'en tournant le compas à verge, elles avancent ou reculent au long de la croix, mais il faut faire passer pour cela une des coulisses dans une branche de la croix, & l'autre dans l'autre branche, comme on voit par la figure.

Il faut remarquer que la distance qu'il y a entre les deux coulisses, est la distance des deux foyers de l'ellipse, car en changeant cette distance, elle est plus ou moins enflée. Aux extremitez des branches de la croix, & par-dessous, il y a quatre petites pointes d'acier pour la faire tenir ferme sur le papier, & au milieu de ladite croix il y a un petit quarré entaillé jusqu'aux bizeaux, pour faire passer les coulisses d'une branche à l'autre, pendant le mouvement du compas. L'usage de cette machine est fort facile, parce qu'en faisant faire un tour au compas à verge, la pointe à encre ou au crayon trace l'ovale ou l'ellipse telle qu'on la souhaite. Sa figure fait assez connoître sa construction & son usage.

Du compas d'épaisseur & à repeter les grosseurs.

CEtte figure represente un compas d'épaisseur & de repetition. Il sert à faire connoître l'épaisseur de ce qui est engagé sous des rebords, comme seroit les rebords d'un canon, d'un tuyau & autres choses semblables ; ce que l'on ne pourroit pas faire si le compas n'avoit que deux pointes ; il est composé de deux pieces de laiton ou autre matiere, ausquelles il y a deux pointes enflées, & deux autres plates un peu recourbées par les bouts. Pour s'en servir, on fait entrer une des pointes plates dans le canon, & l'autre par dehors, lesquelles étant serrées, les autres pointes opposées marquent l'épaisseur. (Fig. M.)

Il faut prendre garde, en le construisant, que la tête soit bien percée dans le centre, c'est-à-dire, qu'en tirant une ligne d'une pointe à l'autre opposée, elle passe précisément par le centre, lequel la doit diviser également, & que le compas étant fermé, toutes les pointes se joignent ; on y met ordinairement de petites pointes d'acier aux extremitez.

Du compas spherique.

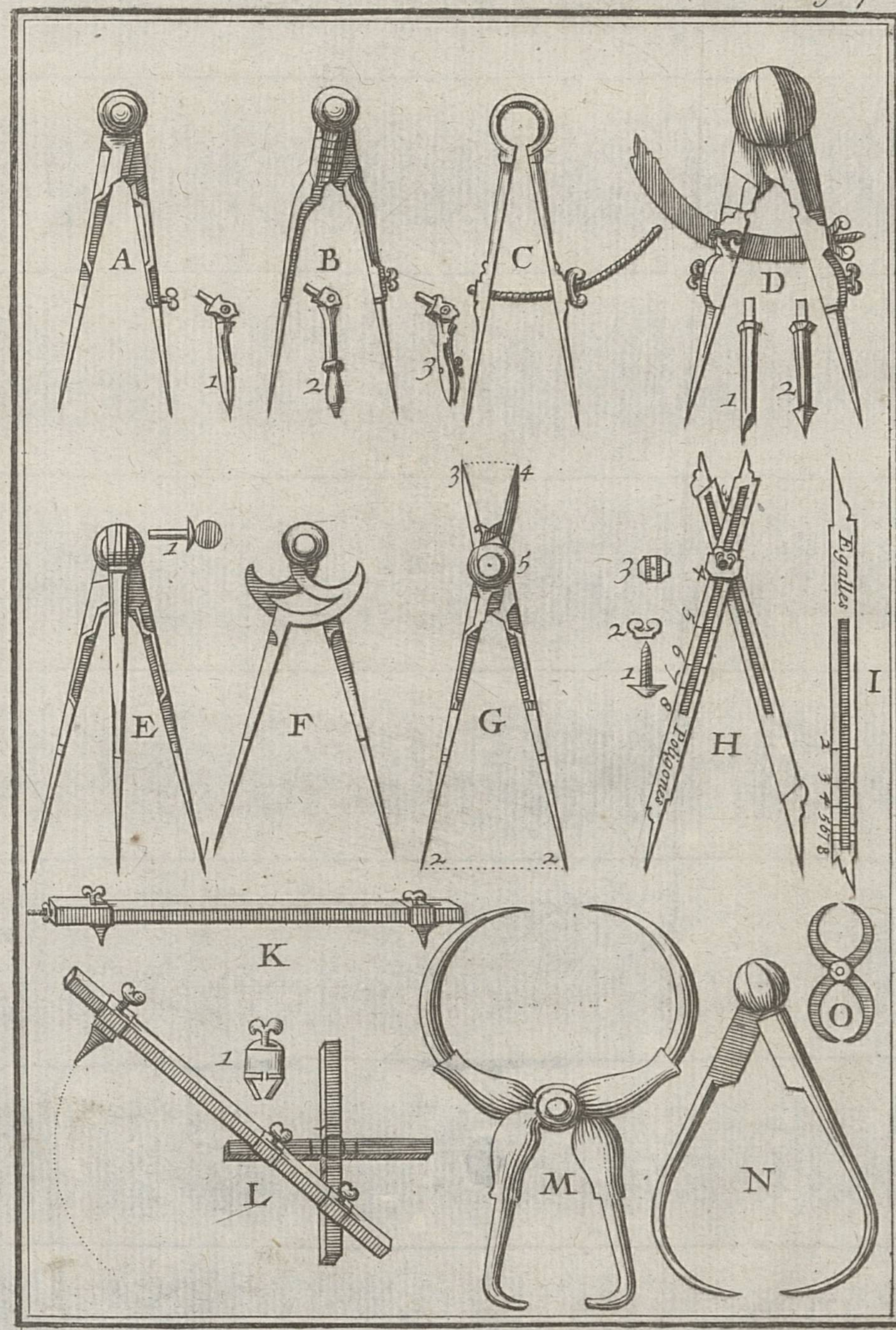
Fig. N.

LE compas spherique ou d'épaisseur ne differe en rien pour sa construction des compas ordinaires, excepté que ses jambes sont recourbées pour prendre la grosseur ou diametre des corps ronds, comme boulets, globes ou spheres, &c.

Fig. O.

Enfin le compas marqué O est encore un compas d'épaisseur à repetition, dont les branches doivent être toutes égales en tout sens. Sa figure fait assez connoître sa construction & son usage.

Planche huictieme



CHAPITRE II.

De la construction & des usages de plusieurs instrumens de Mathematique, qui peuvent servir dans le Cabinet.

Du porte-crayon à compas.

CEt instrument est nommé porte-crayon à compas ; il est limé à huit pans en dehors, & on les fait ordinairement de quatre, cinq & six pouces de long ; le dedans doit être parfaitement rond, afin d'y placer & faire couler un porte-crayon par le moyen de son ressort & de son bouton, dont nous parlerons ci-après ; à un des bouts se monte à vis un compas ; la figure B montre la maniere dont il est fait ; sa construction ne differe en rien de celle des autres compas, si ce n'est qu'il est rond, & qu'il y a une vis au-dessous de sa tête, pour le monter dans le porte-crayon. Ladite vis se fait par le moyen d'une filiere double, puis on la repasse ensuite dans une filiere simple, afin de ne pas forcer les charnieres des compas en les taraudant, car c'est à quoi on doit bien prendre garde.

IX. Planche. Fig. A.

On trace ordinairement sur les pans de ce porte-crayon les lignes qui se mettent sur le compas de proportion. On les prend sur une regle d'égale longueur, que l'on a divisée suivant les methodes expliquées pour le compas de proportion, & que l'on transporte sur chacun des pans. L'usage en est à peu près le même, sinon qu'il se faut toujours servir de la même grandeur ; car si, par exemple, il s'agit de tracer un angle de 40 degrez sur une ligne donnée, on prend avec le compas commun l'étendue depuis le premier point de division de la ligne des cordes jusqu'au point marqué 60 ; de cette ouverture on fait un arc sur la ligne donnée, & ensuite on prend avec le même compas la distance du premier point de division jusqu'au point 40, laquelle on transporte sur l'arc tracé, & de son centre on tire une ligne qui fera avec la donnée un angle de 40 degrez, & ainsi des autres lignes.

On fait aussi de ces sortes de porte-crayon à compas qui sont ronds, & sur lesquels on marque les pouces, dont on en divise un en douze lignes.

Construction du porte-crayon à coulisse.

CE porte-crayon est rond en dedans & tourné en dehors ; on les fait aussi quelquefois à pans, & on y marque les pouces & lignes par des traits fins qui se font par le moyen du tour. On prend une lame de laiton ou d'autre matiere de la longueur & largeur qu'on veut faire le porte-crayon, puis on la contourne autour d'un arbre ou verge de fil d'acier bien rond, bien droit & bien égal de grosseur par tout. On soude ensuite la jointure de ladite lame, qu'on nomme la charniere ou corps du porte-crayon, qu'il faut tirer & faire passer dans une filiere à trou rond par le moyen d'un banc ; on tire ladite charniere jusqu'à ce qu'elle presse l'arbre d'acier partout également, afin que le dedans soit bien rond & égal, puis

Fig. C.

après l'avoir tourné comme la figure le montre, on le fend jusqu'à environ demi-pouce des bouts, & on le perce aux extremitez de la fente & au milieu, d'un petit trou rond, pour y recevoir le bouton. La figure D est le dedans du porte-crayon; aux deux extremitez on y place les crayons qui sont serrez avec de petits anneaux; le milieu doit être de la grosseur juste du dedans du corps marqué C, afin qu'il puisse y couler facilement. On entaille ladite piece, pour y placer un petit ressort d'acier ou de cuivre bien endurci au marteau. Le milieu dudit ressort marqué 1 est percé à vis pour recevoir le petit bouton marqué E; on le fait d'acier avec une vis par le bout. Au-dessus de la vis il y a un petit colet rond de la grosseur des trous qui sont au corps C; & au-dessus du colet on fait une entaille de chaque côté dudit bouton, pour y faire un tenon de l'épaisseur de la fente dudit corps. Le haut doit être limé ou tourné en rond. Enfin, pour monter ledit porte-crayon, il faut faire entrer le dedans, en sorte que le trou du ressort soit vis-à-vis un des trous du corps, & ensuite on monte à vis le petit bouton jusqu'à ce qu'il soit appuyé sur le colet rond, en telle sorte que le tenon soit au long de la fente; alors en pressant sur ledit bouton, on fait couler le dedans du porte-crayon d'un côté & d'autre. La figure fait assez connoître ce que nous venons d'expliquer.

Construction de la plume sans fin.

Fig. F.

CEt instrument est composé de differentes pieces de cuivre, d'argent, ou d'autre matiere; les pieces F G H étant jointes ensemble font environ 5 pouces de long; sa grosseur est à peu près de 3 lignes de diametre. Le milieu marqué F porte la plume, qui doit être fendue & bien taillée, & ajustée sur un petit tuyau taraudé à vis en dedans, lequel est soudé à un autre petit tuyau, de la grosseur juste du dedans du couvercle G, dans lequel est soudée une vis qui sert à monter ledit couvercle, & en entrant dans la plume, boucher un petit trou qui est à l'endroit marqué 1, pour empêcher que l'encre ne sorte. A l'autre bout du corps F il y a un petit tuyau taraudé à vis en dedans & en dehors. Celle de dehors sert à monter le couvercle marqué H, dans lequel entre un petit porte-crayon qui se monte à vis au dedans du petit tuyau, dont nous venons de parler, & qui sert à boucher l'ouverture du colet, qui est l'endroit par où l'on fait entrer l'encre dans le corps F, par le moyen d'un petit entonoir.

Pour se servir de ladite plume, il faut démonter le couvercle G, & un peu secouer la plume, après quoi l'encre sort doucement à mesure qu'on écrit. Il faut remarquer que l'autre côté doit être bouché du porte-crayon, car autrement la colonne d'air peseroit sur l'encre, & la feroit sortir toute à la fois. Aux deux bouts sont soudez deux cachets, pour y graver un chifre & des armes. La construction de cette machine est à peu près comme le porte-crayon dont je viens de parler.

Construction d'une pince à tenir le papier.

Fig. I.

CEtte petite machine sert à tenir plusieurs papiers ensemble; elle est fort commode quand on veut calquer quelque dessein, on en met aux quatre coins du papier. Elle est faite de deux lames de cuivre bien battues

battues au marteau, pour les rendre plus dures; elles ſont attachées par le haut, & renforcées par une lame de laiton qui fait faire reſſort. Il y a un coulant au milieu qui ſert à preſſer les papiers, en faiſant approcher les deux bouts qui ſont élargis pour mieux tenir ce qui eſt entre deux. Toute cette piece a environ deux pouces de longueur. La figure fait aſſez connoître ſa conſtruction & ſon uſage.

Conſtruction du pentographe.

L'Inſtrument, dont nous allons parler, eſt nommé pentographe; on le nomme auſſi ſinge, parce qu'il ſert à copier toutes ſortes de deſſins. Il eſt compoſé de quatre regles de cuivre ou de bois dur, très-égales en largeur & en épaiſſeur; il y en a deux qui ont 15 à 18 pouces de longueur, & deux autres qui n'en ont que la moitié; ces regles ont d'ordinaire 2 à 3 lignes d'épaiſſeur, & 5 à 6 lignes de largeur.

Fig K.

La juſteſſe de cet inſtrument conſiſte en ce que les trous qui ſont aux extremitez & au milieu des grandes regles ſoient très-juſtes & en égale diſtance des trous qui ſont aux extremitez des petites, afin qu'étant montées, elles faſſent toujours un parallelogramme parfait. Il y a ſix petites pieces de cuivre, pour monter & mettre en pratique cet inſtrument.

La piece marquée 1 eſt un petit baluſtre de cuivre tourné, au bout duquel il y a une vis garnie de ſon écrou, qui ſert à joindre & à ſerrer les deux grandes regles enſemble. A l'autre bout il y a une petite pomme qui ſert à faire couler l'inſtrument ſur la table de côté & d'autre, ſuivant les differens mouvemens qu'on lui donne. La piece marquée 2 eſt un clou à tête tournée avec la vis & ſon écrou; il en faut deux pareilles pour joindre les petites regles au milieu des grandes aux endroits marquez 2. La piece marquée 3 eſt une vis en bois qui eſt au-deſſous d'un petit baluſtre avec la vis & ſon écrou, pour joindre enſemble les deux petites regles à l'endroit marqué 3. La piece marquée 4 eſt un porte-crayon, ou une plume qui entre dans le baluſtre avec la vis & ſon écrou, pour le tenir ferme au bout de la grande regle à l'endroit marqué 4. Enfin la piece marquée 5 eſt une pointe de cuivre un peu mouſſe, qui eſt jointe au baluſtre garni de ſa vis & de ſon écrou, pour le placer au bout de l'autre grande regle à l'endroit marqué 5, toutes ces pieces ont environ trois pouces de hauteur. L'inſtrument étant monté & diſpoſé comme la figure le marque, il ne s'agit plus que d'en donner l'uſage.

Lorſqu'on veut copier un deſſin de la même grandeur que l'original, il faut diſpoſer l'inſtrument comme il paroît dans la figure K, c'eſt-à-dire, qu'il faut faire entrer la vis en bois dans la table à l'endroit marqué 3, puis mettre le papier blanc ſous le crayon marqué 4, & le deſſin ſous la pointe marquée 5: alors il n'y a qu'à conduire ladite pointe ſur tous les traits du deſſin, en même tems le crayon trace la même figure ſur le papier blanc. Mais ſi on vouloit reduire le deſſin, & le faire plus petit de la moitié que l'original, il faudroit placer la vis en bois à un des bouts d'une grande regle, le papier blanc & le crayon au milieu, & conduire toujours la pointe ſur tous les traits du deſſin; le crayon executera la même choſe; mais les lignes ſeront plus petites de la moitié que celles de l'original, dont la raiſon eſt, que le crayon placé comme nous venons de dire,

fait la moitié moins de chemin que la pointe : & par une raison contraire, si l'on veut faire le dessin plus grand, comme, par exemple, double de l'original, il faut placer la pointe & le dessin au milieu à l'endroit marqué 3, le crayon ou la plume avec le papier blanc au bout d'une des grandes regles, & la vis en bois attachée au bout de l'autre grande regle : car de cette maniere on tracera le dessin double de l'original, soit un plan, une figure, ou tel autre dessin qu'on voudra.

Pour augmenter ou diminuer le dessin selon d'autres proportions, on perce plusieurs trous sur chaque regle en distances égales, savoir sur les petites regles, tout le long, & jusqu'à la moitié des grandes, afin d'y placer la pointe, le crayon & la vis toujours en ligne droite; c'est-à-dire, que si l'on remonte la pointe de trois trous, il faut remonter pareillement de trois trous les deux autres pieces; mais en ce cas il faut placer à l'extremité des petites regles une vis à tête pareille à celle marquée 2, de maniere que l'instrument conserve toujours le parallelogramme.

Il est à remarquer que si l'on place la pointe & le dessin à quelqu'un des trous d'une grande regle, & le crayon avec le papier blanc sous un des trous de la petite regle qui fait l'angle, & se joint au milieu de la même grande regle, pour lors la copie sera plus petite que la moitié de l'original; mais si le crayon & le papier sont placez sous un des trous de la petite regle qui est parallele à la grande, alors la copie sera plus grande que la moitié de l'original. Il sera facile de connoître toutes ces differentes proportions par l'experience.

Construction du carat, pour connoître le poids des perles.

IX. *Planche. Fig.* M.

CEtte petite machine se nomme carat, elle sert à connoître le poids des perles fines & bien rondes; elle est composée de cinq petites lames de laiton ou autre métal, minces, de deux pouces de longueur sur six à sept lignes de largeur. Ces lames sont percées de plusieurs trous ronds de differens diametres. Les trous de la premiere lame font connoître le poids des perles depuis un demi-grain jusqu'à sept grains; la seconde lame marque depuis huit grains, qui sont deux carats, jusqu'à cinq; la troisiéme marque les carats depuis deux & demi jusqu'à cinq & demi; la quatriéme sert depuis six carats jusqu'à huit; & la cinquiéme marque le poids des perles depuis six carats & demi jusqu'à huit & demi.

Nous allons donner le diametre du plus petit trou & du plus grand de chaque lame, les autres se pouvant trouver par leurs differentes proportions; leurs diametres sont fondez sur l'experience de plusieurs perles qu'on a pesées avec des petites balances bien fines.

Le petit trou qui fait connoître le poids d'une perle d'un grain a une ligne & un quart de ligne de diametre, celui de sept grains a deux lignes & un tiers de ligne; celui qui marque le poids de deux carats a deux lignes & demie; celui qui marque 5 carats a 4 lignes; celui qui marque le poids de 2 carats & demi a 2 lignes 3 quarts; & celui de 5 carats & demi a 4 lignes & 1 quart; celui qui donne le poids de 6 carats a 4 lignes 1 tiers; celui de 8 carats a 4 lignes & demie; enfin celui qui donne le poids de 8 carats & demi a 4 lignes 3 quarts.

Ces lames sont attachées ensemble par un de leurs bouts avec un clou

qui leur laisse la liberté de mouvoir en tous sens, & se renferment entre deux autres lames de laiton, qui leur servent comme d'étui. La figure fait assez connoître le reste de sa construction.

Les Jouailliers se servent encore de petites balances bien fines & de petits poids qu'ils nomment carats, pour peser les diamans & autres pierres précieuses, comme aussi les perles qui ne sont pas rondes. Le carat pese quatre grains; il se divise en demi, tiers, quart, huitiéme & seiziéme de carat. On se sert aussi du mot de carat pour marquer le titre de l'or. Le carat d'or fin est la 24me partie d'une once de pur or, lequel est si mol, qu'on ne peut le metre en œuvre. L'or à 22 carats est le titre des orfévres de Paris, c'est-à-dire, qu'il y a 22 parties d'or fin & 2 parties de cuivre, afin que par cet alliage l'or soit plus ferme & se puisse mieux travailler.

Les orféves se servent du mot de denier pour specifier le titre & la bonté de l'argent; le marc d'argent fin est à douze deniers; l'argent au titre de Paris est à onze deniers douze grains, en comprenant les deux grains de remede qu'on accorde pour faire recevoir l'argent, comme s'il étoit au titre, étant très-difficile de faire l'alliage bien juste, à cause des differens degrez du feu.

Construction de l'équerre fixe.

CEt instrument est nommé équerre fixe, c'est-à-dire, qui ne se plie point. Toute sa justesse consiste en ce qu'elle soit bien dressée, & qu'elle fasse angle droit en dedans & en dehors, & pour cet effet il faut que l'interieur de chaque branche soit parallele à l'exterieur, quand l'instrument est juste en dehors. Fig. L.

De l'équerre pliante.

CEtte équerre se plie dans l'angle par le moyen d'un clou rond ajusté dans une branche qui sert à faire mouvoir une piece mince de laiton qui sert comme de charniere, & où est attachée l'autre branche avec quatre petits clous, laquelle étant ouverte à angles droits, s'appuie par un de ses bouts sur l'épaisseur de la plus grande branche, & forme l'équerre. L'on marque ordinairement les pouces & les lignes sur ces sortes d'équerres. Leur principal usage est pour tracer des lignes perpendiculaires, & connoître si une chose est bien à angle droit. Fig. N.

Construction du pied à niveau.

CEt instrument se nomme pied à niveau; il est composé de deux branches de cuivre ou autre matiere d'environ six lignes de largeur, dont l'une tourne autour de la tête de l'autre, & est attachée par un clou rond dans son centre. Elles sont fendues tout le long en dedans jusqu'à la moitié de leur largeur, pour y placer une languette ou petite lame de laiton, quand l'instrument est fermé. Cette languette est attachée à une des branches par un petit clou, pour la faire mouvoir, & quand elle est placée dans l'autre branche où il y a une petite goupille qui la retient, le pied demeure ouvert à angle droit, tel que la figure le montre. On ajuste à la Fig. O.

tête une petite plaque de laiton quarrée, afin que l'instrument ſerve d'équerre, on perce un petit trou au bas de l'angle de la petite plaque, pour y paſſer une ſoie fine avec ſon plomb, laquelle tombant ſur une ligne perpendiculaire tracée au milieu de la languette ſert de niveau. On coupe les angles interieurs des branches, afin que l'inſtrument ſe puiſſe mieux appuyer ſur le plan que l'on veut niveler.

Nous ne nous arrêterons pas davantage à ſa conſtruction, la figure la faiſant aſſez connoître : Nous dirons ſeulement qu'il ſert d'équerre & de niveau de la maniere dont il eſt placé, de pied de roi & de regle quand il eſt ouvert tout-à-fait.

Du pied de roi & des differentes meſures.

Fig. P. LA conſtruction du pied de roi pour le corps ne differe guere de celle du compas de proportion dont nous avons ci-devant parlé. Quand on n'y veut marquer ſimplement que le pied de Paris, chaque branche n'a qu'environ cinq lignes de largeur ; mais quand on y veut mettre les meſures étrangeres, on les fait plus larges. Nous allons donner le rapport du pied de Paris avec les principales meſures étrangeres de l'Europe.

Le point eſt la douziéme partie de l'épaiſſeur d'un moyen grain d'orge : la ligne eſt longue de 12 points ou de l'épaiſſeur d'un grain d'orge, le pouce contient 12 lignes, & le pied 12 pouces.

Le pied de roi ou de Paris eſt de 12 pouces, de ceux dont on vient de parler ; mais on le diviſe quelquefois en 720, ou en 1440 parties égales, pour mieux exprimer ſon rapport avec les meſures étrangeres.

Le pied de Lion & de Grenoble contient 12 pouces 7 lignes.
Le pied de Dijon ne contient que 11 pouces 7 lignes.
Celui de Beſançon 11 pouces 5 lignes.
Celui de Mâcon 12 pouces 4 lignes.
Le pied de Rouen eſt égal à celui de Paris.
Le pied de Sedan a 12 pouces 3 lignes.
Le pied de Lorraine a 10 pouces 9 lignes.
Celui de Bruxelles a pareillement 10 pouces 9 lignes.
Le pied d'Amſterdam 10 pouces 5 lignes.
Le pied du Rhin, qui eſt fort en uſage dans les pays du Nord, a 11 pouces 7 lignes.
Celui de Londres 11 pouces 3 lignes.
Celui de Dantzic 10 pouces 7 lignes.
Celui de Suede 12 pouces 1 ligne.
Celui de Danemarc 10 pouces 9 lignes.
Le pied Romain 10 pouces 10 lignes.
Le pied de Boulogne 14 pouces 1 ligne.
Celui de Veniſe 11 pouces 11 lignes.
Celui de Milan eſt de deux ſortes, le grand a 1 pied 10 pouces, le petit 1 pied 2 pouces 8 lignes.
Celui de Turin a 1 pied 6 pouces 11 lignes.
Celui de Savoie n'a que 10 pouces.
Celui de Genéve 18 pouces.
Celui de Vienne a 11 pouces 8 lignes.
Celui de Conſtantinople contient 2 pieds 2 pouces 2 lignes.

Mr Huyghens dans son Livre de l'horloge à pendule, nous a donné l'idée d'un pied nouveau qu'il appelle, pied horaire, & qu'on pouroit nommer pied universel, parce que sa mesure étant certaine & invariable, tous les autres deviendroient également invariables & certains, dès qu'on connoîtroit leur raport avec ce pied horaire, qui n'est autre que le tiers de la longueur du pendule d'une horloge qui marque les secondes à chaque vibration; & dont le raport par exemple, au pied de Paris, est de 881 à 864: ce qui rend le pied de Paris immortel en quelque sorte, & immuable pour la posterité. Suivant ce même rapport, il est aisé de voir que ce pied horaire doit être à très peu prés de 12 pouces & 2 lignes trois quarts de celui de Paris, & la longeur entiere du pendule d'un horloge à secondes de 3 pieds 8 lignes trois 5mes, pour battre les secondes de mouvement du tems moyen.

Nous allons encore donner quelques autres mesures par rapport au pied.

La palme Romaine à 8 pouces 2 lignes; celle de Genes a 9 pouces 1 ligne; celle de Naples a 9 pouces 9 lignes, & celle de Portugal 8 pouces 2 lignes. Le pan qui sert de mesure en plusieurs autres Villes d'Italie, contient 8 à 9 pouces de longueur.

L'aune de Paris est de 3 pieds 8 pouces. L'aune de Provence, de Montpellier & d'Avignon contient une aune 2 tiers de celle de Paris. L'aune de Flandres & d'Allemagne ne contient que 7 douziémes de celle de Paris. Il y a plusieurs livres qui ne donnent à l'aune de Paris que 3 pieds 7 pouces 8 lignes; mais ils se trompent, sa veritable mesure établie dans toutes les jurisdictions est de 3 pieds 8 pouces; il est bien vrai que suivant un ancien usage l'aune des drapiers n'est que de 3 pieds 7 pouces 9 lignes, mais c'est pour mesurer les draps seulement & non autre chose.

La brasse de Milan pour les étofes de soie, est d'un pied 7 pouces 4 lignes & demie; celle pour les draps & autres étofes de laine est de 2 pieds 11 lignes & demie.

La brasse de Florence est d'un pied 9 pouces 6 lignes.

Le ras de Piemont & de Luque est de 22 pouces.

La verge de Seville est de 30 pouces 11 lignes.

La verge d'Angleterre est de 33 pouces 11 lignes.

La barre de Castille est de 31 pouces 3 lignes.

Celle de Valence est de 33 pouces 7 lignes.

La varre de Madrid & celle de Portugal sont de 3 pieds 9 lignes.

La varre d'Espagne en general est de 5 pieds 5 pouces 6 lignes.

La canne de Toulouse est de même longueur.

La canne de Rome contient 6 pieds 11 pouces 7 lignes.

La canne de Naples 6 pieds 10 pouces 2 lignes.

Le pic de Constantinople 2 pieds 2 pouces 2 lignes.

La geuse des Indes & celle de Perse 2 pieds 10 pouces 11 lignes.

Construction des regles paralleles.

Ces instrumens se font ordinairement de cuivre ou de bois dur, comme ébene & bois de la Chine, depuis 6 pouces jusqu'à 10 de long sur un pouce de large, & environ 2 lignes d'épaisseur. Il faut sur tout que lesdites

regles ſoient bien dreſſées en tout ſens, & bien paralleles, c'eſt-à-dire, très-également larges depuis un bout juſqu'à l'autre; car c'eſt en partie d'où dépend la juſteſſe de cet inſtrument.

Nous allons donner la deſcription de deux differentes ſortes de regles paralleles également juſtes.

Fig. R. LEs deux regles du premier de ces deux inſtrumens ſont jointes enſemble par deux petites lames de laiton d'environ 2 à 3 pouces & demi de long, & de ſix lignes de largeur, limées & façonées à peu près comme la figure le marque; elles ſont percées par les deux bouts bien également, & pour cet effet il eſt à propos de les percer l'une ſur l'autre; il faut tourner quatre clous à tête qui rempliſſent exactement les trous deſdites lames, puis on trace une ligne au milieu de la largeur des regles, & on les partage en deux également, enſuite on diviſe une des moitiez de chaque regle en trois, & à la premiere meſure, en comptant du milieu, on perce un trou à chaque regle dans la ligne droite qui partage leur largeur, pour y placer une lame avec ſon clou. Enſuite les regles étant bien jointes enſemble, il faut tracer avec la pointe d'une éguille un trait autour des petites lames, toujours ſur la ligne du milieu, & percer exactement les trous au milieu de ces traits; mais pour bien faire il n'en faut percer qu'un, & y mettre ſon clou, pour voir ſi le trait de l'autre regle eſt toujours vis-à-vis du trou de la lame; car c'eſt ce quatriéme trou qui donne toute la préciſion à l'inſtrument, & l'ayant percé & mis le clou, on pourra verifier s'il eſt bien juſte en l'ouvrant à droit & à gauche; car ſi les regles ſont bien percées elles ſe joindront auſſi-bien d'un côté que de l'autre. Il faut avoir ſoin de river les clous doucement afin de ne rien forcer ni étendre.

Conſtruction d'une autre ſorte de regle parallele.

Fig. Q. LEs regles qui compoſent cet inſtrument doivent être pareillement droites & égales d'épaiſſeur; les deux grandes ſont attachées par deux autres un peu plus courtes, percées juſte d'une même longueur par les deux bouts & par le milieu, & ajuſtées de maniere qu'elles font une eſpece de zig-zag, qui en s'écartant & ſe rapprochant font auſſi écarter & rapprocher les autres regles parallelement, & ce par le moyen des trous qui ſont percez à un des bouts de chaque regle & attachez aux regles à zig-zag avec des clous à tête tournez. Les autres bouts des grandes regles ſont fendus à biſeaux pardeſſous environ au quart de leur longueur, pour faire couler les bouts des petites regles par le moyen des clous à chanfrain qui rempliſſent les biſeaux, & que l'on rive auſſi pardeſſous. Enfin on met un bouton tourné de cuivre au milieu de chaque regle de ces deux inſtrumens pour les manier plus aiſément, le tout comme il eſt aiſé de voir par leurs figures.

Leur principal uſage eſt pour tracer des lignes paralleles, en les ouvrant ou les fermant. Elles ſont fort commodes pour les deſſins d'Architecture & de Fortification, où il y a beaucoup de lignes paralleles à tracer l'une contre l'autre.

Conſtruction du pedometre.

CEt inſtrument ſe nomme pedometre ou compte-pas ; toutes les pieces de cet inſtrument ſont réunies enſemble dans une boëte à peu près ſemblable à celle d'une montre ; ſa grandeur eſt environ de 2 pouces de diametre, & de 6 à 8 lignes d'épaiſſeur. Nous allons donner la conſtruction de toutes les pieces en particulier. Fig. 5.

La plaque marquée T ſe place dans le fond de la boëte. Sur cette plaque ſont attachés pluſieurs pieces, comme on les voit diſpoſées en la figure. La piece marquée 1 eſt un petit pied-de-biche d'acier avec ſes deux reſſorts ; il eſt retenu par un tenon rond qui entre dans un trou, de maniere qu'en tirant la petite lame, qui déborde ladite plaque, & qui eſt attachée par un bout au pied-de-biche, on lui fait faire un mouvement de baſcule qui fait tourner une étoile d'acier à 6 pointes marquée 2, elle porte un pignon de 6 dents auſſi d'acier de la même hauteur des 2 roues dont nous allons parler. Le reſſort d'acier marqué 4, eſt fait pour empêcher que l'étoile ne recule, & celui marqué 5, eſt pour faire relever le bout du pied-de-biche, quand il a fait avancer l'étoile d'une pointe.

La plaque marqué V, eſt la même que celle marquée T, ſi ce n'eſt qu'elle eſt recouverte de deux roues d'une même grandeur, & placées l'une ſur l'autre; celle de deſſous a 101 dents, & celle de deſſus n'en a que 100 ; elles ſont toutes deux engrenées par le pignon qui eſt ſur l'étoile ; en ſorte que par une eſpece de declic ou de détente qui fait tourner l'étoile & ſon pignon, quand la premiere roue a fait ſon tour, & parcouru 100 parties avec ſon éguille ſur le plus grand cadran de la figure S, la roue qui a une dent de plus recule d'un point, & fait avancer l'éguille du milieu ſur le petit cadran auſſi diviſé en 100 parties, laquelle n'acheve un de ſes tours que lorſque l'éguille du grand cadran en a fait 100 des ſiens, qui ſont autant de pas, & par conſequent l'éguille du petit cadran n'a fait un tour entier qu'au bout de 10000 pas.

Il y a 3 tenons percez & attachez à la plaque de deſſous, pour la faire tenir avec des goupilles à la plaque de deſſus, ſur laquelle ſont poſez les cadrans de la figure S.

Toute la machine eſt renfermée dans ſa boëte, recouverte d'un criſtal, & d'un côté il y a deux anneaux pour y paſſer un ruban afin d'attacher cet inſtrument à la ceinture; & à l'autre extremité de la boëte il y a une ouverture par où paſſe la petite lame d'acier pour y recevoir un cordon qui s'attache à la jarretiere.

L'uſage de cet inſtrument eſt qu'étant ainſi attaché, à chaque tenſion du genou que l'on fait pour avancer un pas, le cordon tire la lame d'acier, & cette lame fait mouvoir le pied-de-biche, & par le même moyen l'étoile avec le pignon, en même-tems les roues font avancer l'éguille du grand cadran d'une diviſion. A l'inflexion du genou le reſſort ſe replace, & ſe tire de nouveau par une autre tenſion, & lorſque l'on a pris une meſure, ou qu'on a fait bien du chemin, on regarde ſur ſon cadran, & l'on écrit la quantité de pas qu'on a trouvez. Les pas ſont à peu près de deux pieds, & il eſt aiſé de s'accoutumer en marchant de les faire juſtes de cette meſure.

Quand le terrain n'eſt pas de niveau, les pas ne ſont pas égaux ; car en deſ-

cendant ils s'allongent, & en montant ils se racourcissent; il faut y avoir égard, & les reformer par l'experience.

On fait aussi de ces sortes d'instrumens qu'on ajuste à une roue dont on connoît la circonference, qui est par exemple, d'une toise, & quand ladite roue arrive à un certain point où il y a un tenon qui tire une branche de fer, le pied-de-biche se détend; & par ce moyen fait avancer les roues, qui font en même-tems avancer l'éguille d'une division, & par là on connoît combien on a parcouru de toises.

On ajuste aussi le compte-pas au derriere d'un carrosse, de telle maniere que quand la grande roue du carrosse est parvenue à un point, elle fait détendre le cliquet & fait avancer l'éguille d'une division; en connoissant la circonference de ladite roue, on sait combien on a fait de chemin.

Construction de la plate-forme, pour diviser & fendre les roues & pignons des horloges.

X. Planche. Fig. A.

L'Instrument marqué A de la planche dixiéme, est nommé plate-forme des horlogeurs; il sert à diviser & fendre ou faire les dents des roues & les pignons des pendules & montres de poches. Cette machine est très-commode, & abrege beaucoup le tems aux horlogeurs, pour fendre facilement les dents des roues, & les diviser bien exactement. La plaque A, est faite de laiton bien dressée de 7 à 8 pouces de diametre, & d'une ligne d'épaisseur; on y trace plusieurs cercles concentriques qu'on divise en differens nombres pairs ou impairs, dont les plus grand sont toujours les plus près du bord.

Si, par exemple, on veut diviser un de ces cercles en 120 parties égales, on les divise premierement en deux, dont chaque moitié en contient 60, que l'on subdivise encore en deux, dont chaque partie contient 30, que l'on subdivise encore en deux, & chaque partie sera de 15, lesquelles étant divisées en trois, feront 5, enfin chacune de ces dernieres parties en 5, & par ce moyen tout le cercle se trouvera divisé en 120 parties.

Mais si l'on veut diviser un de ces cercles en nombre impair, comme par exemple en 81 parties égales, il faut d'abord le diviser en trois, dont chacune sera de 27, lesquelles étant subdivisées en trois, chaque partie sera de 9, & chacune de ces nouvelles parties en trois, & puis encore en trois, & par ce moyen le cercle se trouvera divisé en 81 parties égales.

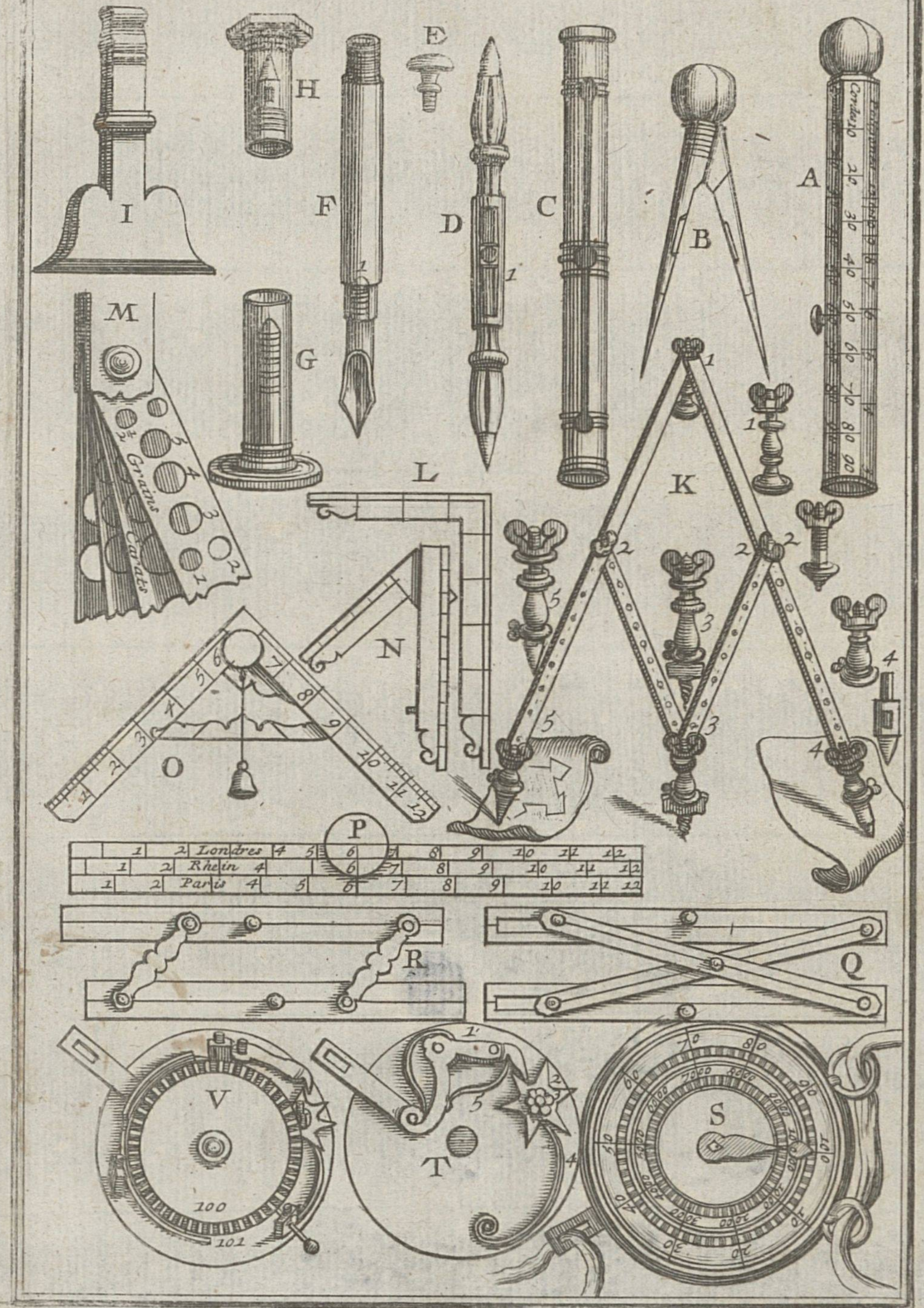
Ainsi de tout autre nombre en cherchant leurs parties aliquotes les plus convenables aux divisions que l'on se propose de faire.

Les cercles de cette plate-forme étant divisez, on fait avec une pointe d'acier bien fine, de petits points à chaque division.

Quand on veut diviser simplement une roue d'horloge, pour la fendre à la main, on place le trou qui est à son centre à l'arbre qui fait le centre de la plate-forme, & l'ayant arrêté fixement, on trace avec une regle à centre d'acier mince, que l'on fait tourner de division en division d'une des circonferences convenables au nombre des dents que l'on veut avoir sur la roue, & elle se trouvera divisée.

Ensuite on refend les dents avec une lime mince, laissant à peu près autant de plein que de vuide, & la roue se trouve achevée.

Mais quand on veut se servir de cette machine pour fendre tout d'un coup


A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O
P
Londres
Rhein
Paris
Q
R
S
T
V

coup les roues d'horloge, elle est composée de la maniere que nous allons expliquer.

La figure premiere represente le plan de la machine toute montée & prête à s'en servir. La piece marquée I, est le touret qui porte une roue d'acier de l'épaisseur du vuide que l'on veut laisser entre les dents, elle est taillée en lime par le bord, & est montée sur un arbre quarré sur lequel il y a une petite bobine ou poulie afin de la faire tourner entre deux pointes d'acier. L'endroit marqué 2, est le porte-touret, il a un mouvement aux deux extremitez comme la tête d'un compas, afin d'élever ou baisser la roue à lime. Fig. A.

La figure 2, represente le touret de face ; à l'endroit marqué I, est la roue taillée en lime montée sur son arbre avec la bobine entre les deux pointes qui sont arrêtées ferme par les deux vis à tête marquées 7. A l'endroit marqué 2, est le mouvement pour placer le touret vis-à-vis de la roue qu'on veut fendre. Les vis marquées 9, sont pour arrêter le touret qu'on fait entrer dans la piece de fer marquée 3 qui est une espece de regle, par le trou quarré où aboutissent lesdites vis. Ladite regle est double, c'est-à-dire, qu'il y en a une dessus la plate-forme, & l'autre dessous. Elles sont d'une épaisseur convenable, & se tiennent ensemble par les deux bouts avec deux fortes vis, laissant un vuide entre deux suffisant pour contenir la plate-forme, & y faire couler le touret, & le ressort qui porte la pointe dont nous parlerons ci-après.

La figure 3, represente le profil de toute la machine montée. La piece marquée I, est le touret placé proche la roue qu'on veut fendre marquée 6, ladite roue est posée au centre, & arrêtée par des vis à l'arbre qui traverse la machine. La piece marquée 3, est la regle de fer sur laquelle coulent le touret marqué 2, & le ressort qui porte la pointe marquée 4. La piece qui est au-dessous marquée 5, est une queue de fer, pour tenir ferme toute la machine dans un étau, quand on s'en veut servir.

La figure 4, est une pointe d'acier bien fine & bien trempée qui entre à vis au bout d'une espece de ressort qui a un mouvement circulaire pour placer la pointe dans tous les points de division qui sont sur la plate-forme; il y a une autre piece qui se rejoint sur le ressort afin d'appuyer par une vis la pointe & l'empêcher de sortir de chaque division où elle est posée.

L'endroit marqué 3, est l'ouverture par où ladite piece coule le long de la regle de fer, & qu'on arrête où l'on veut, par le moyen de la vis qui est au bout.

Enfin la figure 5, est l'arbre qui se met au centre de la machine, & sur lequel on pose les roues qu'on veut fendre en les arrêtant ferme par le moyen des écrous qui sont dessus & dessous. On a pour l'ordinaire plusieurs arbres de differente grosseur à proportion des ouvertures des centres des roues qu'on veut fendre. Fig. A.

L'usage de cette machine est facile ; il n'y a qu'à faire tenir ferme les roues au centre à l'endroit marqué 6, puis ajuster le ressort marqué 4, dont la pointe doit être placée bien juste sur la division qui est autour de la circonference qui contient pareil nombre à celui des dents qu'on veut faire. On approche ensuite le touret avec sa roue à refendre par le moyen de la grande vis qui est arrêtée par un collet taraudé, & qui est attaché au bout de la regle de fer à l'endroit marqué 5. L'autre bout de la vis qui doit être entaillé, & non taraudé, entre dans un trou rond qui est au bas du touret, & arrêté par une goupille, en sorte qu'en tournant la vis on fait avancer ou

reculer le touret tant & si peu qu'on veut. Ayant ainsi placé le touret, il n'y a qu'à faire tourner la roue à refendre 4 ou 5 tours par le moyen d'un archet dont la corde est passée autour de la petite poulie, alors la dent sera fendue d'un côté, & ayant fait faire le tour de la circonference à la machine en plaçant toujours bien juste la pointe du ressort dans chaque point de division, & donnant toujours à chaque point 4 ou 5 coups d'archet, la roue se trouvera fendue, & les dents bien faites : les pignons se fendent de même. On fait à present de ces machines avec lesquelles au lieu de se servir d'un archet, on met une manivelle au bout de l'arbre qui porte la roue à lime ; cela a plus de force.

Il est à remarquer que l'on a des roues à refendre de differente épaisseur conformément au vuide que l'on veut faire à chaque dent. A la fin de cet Ouvrage je donnerai la construction d'une Pendule à secondes, où l'on verra l'utilité de cette machine, qu'on perfectionne tous les jours.

Construction des armures des pierres d'aiman, comme aussi de la maniere de tailler lesdites pierres pour les armer, & experiences sur l'aiman, &c.

X. Planche.

LES figures B & C, representent deux pierres d'aiman armées ; la premiere en forme de parallelipipede, & la seconde en forme de sphere ; nous allons expliquer la maniere de les bien armer, après avoir parlé des vertus & proprietez de cette pierre.

L'aiman est une pierre très-dure & très-pesante, qui se trouve dans les minieres de fer, & est à peu près de la même couleur, c'est pourquoi on la met au rang des mineraux ; elle a des proprietez merveilleuses, dont l'une est d'attirer le fer, & l'autre de se diriger vers les poles du monde. La communication de sa vertu, est ce qui la fait considerer par tout le monde pour les grands avantages qu'on en reçoit, soit par l'usage de la boussole dans les voyages de long cours, soit par les autres utilitez qu'on en retire dans les sciences.

L'aiman attire le fer, & réciproquement le fer attire l'aiman, & même à travers des corps qui leur sont interposez. Cette pierre communique aussi au fer la faculté d'en attirer un autre : car par exemple, un anneau de fer qui a été touché d'une bonne pierre d'aiman, enleve un autre anneau par un simple attouchement, & ce second un troisiéme, & ainsi de suite, & font comme une espece de chaîne ; mais il faut que le premier anneau soit plus fort que le second, & le second plus que le troisiéme.

On voit aussi que la lame d'un couteau qui a été touchée d'un aiman enleve des éguilles, & des petits morceaux de fer. Si l'on met plusieurs éguilles à coudre sur une table les unes près des autres, & qu'on approche un aiman de la premiere, cette premiere ayant acquis la vertu magnetique attirera la suivante, & celle-ci une autre, & toutes paroîtront comme attachées les unes aux autres.

Le fer attire réciproquement l'aiman, lorsque cette pierre se peut mouvoir librement ; car ayant mis une pierre d'aiman dans une espece de petit bateau leger qui puisse flotter sur l'eau d'un bassin, si on lui presente un morceau de fer à une distance convenable, on verra que ce petit bateau fendra l'eau par la vertu de l'aiman qui veut se joindre au fer.

Pour éviter l'embarras de ſe ſervir de l'eau & des petites bateaux, principalement en hiver; on a depuis peu inventé une eſpece de balance magnetique qui conſiſte en une piece de laiton ou d'argent contournée en maniere d'anſe de petit ſeau; au milieu de cette anſe il y a une piece en baluſtre qui ſe termine en pointe, & on la poſe ſur un petit enfoncement qui eſt au bout d'un morceau de fil de laiton ou d'argent, & qui eſt attaché à un petit pied d'eſtal, qui ſert à porter toute la machine, en ſorte qu'elle puiſſe ſe mouvoir en tous ſens. Aux deux extremitez de l'anſe ſont deux petits baſſins, dans l'un deſquels on met un aiman, & dans l'autre un boule de fer qui faſſe équilibre avec l'aiman. On peut faire avec cette petite machine les mêmes experiences qu'avec les petits bateaux; car étant poſée ſur le pivot, elle tourne très-facilement; en ſorte que préſentant le pole boreal d'un aiman au pole boreal de l'aiman placé dans le baſſin, cet aiman fuira avec beaucoup de vîteſſe celui qu'on lui préſente, & préſentant le pole boreal de l'aiman qu'on tient à la main au pole auſtral de celui qui eſt dans le baſſin, cet aiman s'approchera auſſi-tôt & s'arrêtera dans l'inſtant; on fait auſſi avec cette balance les mêmes choſes par les boules d'acier qu'avec les bateaux.

A l'égard de la proprieté de l'aiman, qui eſt de ſe diriger vers les poles du monde, on la reconnoît par l'experience ſuivante; quand on laiſſe flotter un morceau de liege avec une pierre d'aiman ſur une eau dormante, ſans qu'il y ait de fer ou autre choſe qui l'empêche de ſe mouvoir librement & de prendre ſa ſituation naturelle, on remarque qu'elle ſe diſpoſe toujours d'une même façon à l'égard du midi & du ſeptentrion, de ſorte qu'un endroit de cette pierre regarde toujours le ſeptentrion, & ſon opposé le midi.

On doit remarquer que l'aiman ne ſe dirige pas droit au pole du monde, à cauſe de ſa déclinaiſon, qui eſt à preſent de plus de 13 degrez 15 minutes nord-oueſt, en ſorte que le pole boreal de l'aiman ſe dirige à plus de 13 degrez près de celui du monde, & ſon oppoſé également, ce qui a fait appeller poles de l'aiman ces deux endroits qui regardent les deux poles magnetiques du monde, & axe principal de l'aiman, la ligne droite qui s'étend d'un pole à l'autre. C'eſt autour de cet axe que ſe manifeſte la plus grande force de l'aiman, & c'eſt aux deux poles que ſa vertu ſe communique davantage. On a auſſi imaginé un équateur, qui eſt un cercle autour de la ſurface de l'aiman également diſtant des poles, & même des meridiens, paſſant par ſes deux poles principaux, & on a nommé cela ſphere magnetique, par le rapport de toutes les proprietez que l'aiman a avec le globe de la terre, que l'on peut auſſi conſiderer comme un veritable aiman par toutes les experiences qu'on en fait.

Pour trouver les poles principaux d'un aiman il faut poſer ſur une carte la pierre, en ſorte que ſon axe principal ſe trouve dans le plan de cette carte; puis ſemer de la limaille de fer ou d'acier en la tamiſant; enſuite de quoi on frape doucement avec un petit bâton, afin que mettant en mouvement cette limaille la matiere magnetique lui faſſe prendre un arrangement conforme au chemin que tient cette matiere pour paſſer d'un pore boreal dans un autre pore auſtral, & on s'apercevra que cette limaille ſera rangée en forme de pluſieurs demi-circonferences dont les extremitez oppoſées marqueront les poles de l'aiman. Fig. A B.

Ces operations font croire qu'il y a une matiere magnetique qui entre par un des poles de la terre, & qu'elle sort par un autre pole en decrivant une ligne courbe pour aller rentrer par le même pole où elle étoit déja entrée. Cette matiere étant ainsi mue continuellement, entre dans les corps qu'elle trouve dans son passage, qui sont propres à la recevoir. Les pores des pierres d'aiman, & ceux de l'acier & du fer sont plus proportionnez à la grosseur & à la figure des petites parties de matiere magnetique que les pores des autres corps. Une partie de cette matiere magnetique en circulant au tour de la terre, entre donc dans les pierres d'aiman dans le tems de leur formation dans les entrailles de la terre, par l'un des deux endroits qui se tourne vers les poles de la terre, & sort par l'autre, & il s'en forme un tourbillon autour des pierres d'aiman de même qu'autour de la terre.

On peut encore connoître les poles d'un aiman en le plongeant dans de la limaille de fer ou d'acier, ou pour le mieux dans de petits bouts de fil d'acier qu'on a coupé; car pour lors ils feront plusieurs differentes configurations autour de la pierre; il y en aura qui seront tout-à-fait couchez, d'autres à demi-courbez, & enfin d'autres tout droits; & ces endroits de la pierre où ces petits bouts d'acier seront perpendiculaires, ou que la limaille sera herissée, seront immanquablement ses poles, & l'endroit où ils se tiennent couchez marque son équateur.

Connoissant ainsi les poles de l'aiman on déterminera leurs noms en le faisant flotter sur l'eau sur un petit morceau de liege, ou le suspendant avec un fil, de telle sorte que son axe soit parallele à l'horison; alors le pole de cette pierre qui se tournera vers le nord du monde sera le sud de l'aiman, & le point opposé sera le nord.

On connoîtra aussi les poles d'un aiman avec une boussole; car presentant une éguille aimantée à une pierre d'aiman, le bout qui aura été touché tournera aussi-tôt vers le pole de la pierre qui lui convient, & l'autre bout de l'éguille tournera de même vers l'autre pole de la pierre.

Les poles de la pierre étant trouvez il est necessaire de la tailler, & lui donner une forme reguliere, en retranchant ce qui est inutile, soit avec une scie & de la poudre d'émeri, ou bien sur une meule de gagne-petit, lui conservant son axe le plus long qu'il sera possible, & donnant à ses poles une figure semblable; pour achever de la dresser & adoucir, on la frotera sur une plaque de fer unie, avec du grais ou du sable.

Pour faire un grand nombre d'experiences, il est à propos de faire prendre à la pierre une figure la plus reguliere qu'il est possible, laquelle figure se détermine par rapport à celle de la masse irreguliere qu'on veut travailler; la cubique, la parallelipipede, l'ovale, & la ronde sont les plus avantageuses; mais il faut préferer la parallelipipede & l'ovale, à cause que l'axe principal de l'aiman en étant plus long l'effet en sera plus sensible. Si on veut tailler une pierre en forme de sphere, il ne faut pas s'embarasser de chercher d'abord ses poles ni son axe; il faudra seulement la dégrossir dans un bassin de fer bien concave, se servant pour cela de poudre d'émeri, puis achever de l'arondir dans une matrice ou bassin de cuivre concave avec du grais, & ensuite pour l'adoucir on se servira de sable fin.

La figure spherique d'un aiman est fort avantageuse pour plusieurs experiences; on trouve ses poles de la même maniere que nous avons dit ci-devant.

Mais auparavant que de se donner la peine de couper & de tailler une pierre d'aiman il est à propos de s'assurer de sa bonté, en voyant si elle se charge bien de limaille de fer ou de petits morceaux d'acier, & si elle n'a point de matiere étrangere qui traverse ses pores, & qui empêche la matiere magnetique de circuler & de passer d'un pole à l'autre.

La bonté d'un aiman consiste en deux choses essentielles, qui sont premierement d'être homogene, ayant un grand nombre de pores remplis de matiere magnetique qui les parcoure formant autour de lui un tourbillon très-étendu, & rempli d'un grand nombre de particules magnetiques. En second lieu, sa figure, comme nous avons dit, contribue beaucoup à sa force, étant certain que de tous les aimans de pareille bonté, celui qui sera le mieux poli, qui aura son axe le plus long, & dont les poles se rencontreront juste aux deux extremitez, sera le plus vigoureux.

Deux aimans ausquels on presente leurs poles de divers noms, s'approchent, au lieu que quand on leur presente leurs poles de même nom ils se fuient, étant sur l'eau dans une petite gondole.

Si un aiman est coupé en deux pieces parallelement à son axe, les côtez des pieces qui étoient ensemble avant la division se fuient.

Si un aiman est coupé en deux pieces, suivant son équateur, les côtez des pieces qui étoient ensemble avant la coupe, se trouvent poles de divers noms, & s'approchent.

Un aiman fort qui touche un foible l'attire par son pole de même nom, &c.

Description des armures.

L'Armure d'un aiman taillé en parallelipipede rectangle, est composée de deux morceaux d'acier ou de fer bien doux en forme d'équerre ; l'acier trempé est plus propre que le fer, parce que ses pores sont plus serrez & en plus grande quantité. Il faut avoir grand soin que les armures embrassent & touchent bien justement les poles, & les faire épaisses, à proportion de la bonté de l'aiman : car si à un foible aiman on y mettoit une forte armure, elle ne feroit point d'effet, parce que la matiere magnetique n'auroit pas assez de force pour passer à travers ; de même si l'armure d'une forte pierre étoit trop mince, elle ne pourroit pas contenir toute la matiere magnetique qu'elle devroit contenir, & par consequent ne feroit pas tant d'effet. Fig. B.

Cela se reconnoît en éprouvant & limant peu à peu les armures, tant que l'on voit que l'effet s'augmente, & quand il n'augmente plus, c'est une marque qu'elles sont dans une juste proportion, & qu'elles ont l'épaisseur convenable. Après quoi il faut les adoucir en dedans, & les polir en dehors.

A l'égard des têtes des armures elles doivent être plus épaisses que le reste, & couvrir environ les deux tiers de la longueur de l'axe.

On éprouvera de même l'épaisseur & la longueur qui conviendront le mieux à la pierre, en limant peu à peu.

Il faut sur tout avoir grand soin que les deux têtes soient d'égale épaisseur, & que leurs bases se rencontrent bien juste dans un même plan. Ensuite on ajustera une ceinture de laiton ou d'argent marquée 5 autour de la pierre qui servira à serrer & maintenir les armures, par le moyen des deux vis marquées 1 ; on mettra aussi au-dessus une platine de laiton, ou autre matiere, qui portera le pendant & son anneau ; ladite platine maintiendra le

haut des armures avec deux écrous aux endroits marquez 6. On ajuste enfin un porte-poids avec son crochet de même matiere. Il est composé d'une lame d'acier de longueur, largeur & épaisseur convenable, & du côté où il doit toucher les bases des têtes des armures, il faut qu'il soit bien droit, bien adouci, & un peu arrondi par les bords, afin que le contact s'en fasse mieux.

A l'égard de l'armure de l'aiman spherique, elle est composée de deux coquilles d'acier qui se tiennent par le haut avec une charniere aux endroits marquez 6, d'une ceinture à l'endroit 5, d'un anneau à l'endroit 4, & d'un porte-poids à l'endroit 2. Il faut sur tout que les coquilles soient bien fraisées en rond par dedans, & qu'elles joignent bien juste la superficie; de maniere que chacune embrasse bien ses poles, & qu'elle couvre une très-grande partie de la convexité de la pierre. On connoît l'épaisseur & la largeur qui convient à cette armure par des épreuves semblables à celles dont nous avons parlé ci-devant. Au reste les figures B & C font assez connoître ce que nous venons de dire.

Fig. C.

C'est une chose merveilleuse que deux petits morceaux d'acier qui font l'armure d'un aiman, semblent augmenter tellement sa force, qu'on a vû de bonnes pierres, lesquelles après avoir été armées, enlevoient plus de cent cinquante fois plus qu'elles ne faisoient lorsqu'elles étoient nues.

Il y a des pierres passablement bonnes, qui pesent nues environ trois onces, & n'enlevent qu'une demi-once de fer; mais étant armées, elles levent plus de sept livres.

Pour conserver un aiman on le tient dans un lieu sec parmi de petits bouts de fil d'acier : car la limaille, qui est toujours pleine de poussiere, le fait rouiller.

On le suspend aussi quelquefois, afin qu'ayant la liberté de se mouvoir, il se dirige vers les poles du monde.

Dans cette situation on lui met son porte-poids avec le crochet, auquel on attache la charge qu'il porte d'ordinaire, & de tems en tems on y ajoute quelque petit poids nouveau; & ayant continué pendant quelques jours, on verra qu'il soutient beaucoup plus de poids qu'il ne faisoit auparavant.

Nous allons rapporter plusieurs experiences que l'on fait ordinairement avec la pierre d'aiman.

LA premiere & la plus utile est celle d'aimanter les éguilles des boussoles. Pour le faire adroitement, on coule doucement & on tire de loin l'éguille 3 ou 4 fois sur un des poles de l'aiman depuis son milieu jusqu'à son extremité; mais il faut remarquer que le bout de l'éguille d'une boussole qui a touché à un des poles de l'aiman, se tourne vers l'endroit du monde opposé à celui qui regarde ce pole; c'est pourquoi si on veut que le bout de l'éguille se dirige vers le nord, il faut le faire toucher au pole de l'aiman qui regarde le sud. Plus les éguilles sont longues, moins elles ont de vibration.

Cette merveilleuse direction de l'aiman & de l'éguille aimantée vers les poles du monde, n'est connue en Europe que depuis environ 200 ans, & les Pilotes en tirent la principale connoissance de leurs routes dans les gran-

des navigations. Ce qui eſt incommode, c'eſt que l'éguille aimantée ne ſe dirige pas toujours exactement vers les poles du monde, mais qu'elle décline tantôt plus, tantôt moins vers l'orient ou vers l'occident, & que ſa déclinaiſon n'eſt pas même égale par tout. Il paroît que cette variation eſt plus ſenſible dans les climats ſeptentrionaux que vers l'équateur, & même cette variation n'eſt pas égale dans un même climat. La France & ſes environs répondent pour le climat à la mer Caſpienne; cependant la déclinaiſon n'a pas été en France plus loin qu'à 13 degrez & demi nord-oueſt; & dans la mer Caſpienne elle a été juſqu'à 24. Depuis le commencement du ſiecle paſſé cette variation a toujours diminué à Paris, juſqu'en 1666, qu'on n'en trouva point à l'Obſervatoire; depuis lequel tems la variation ayant paſſé au nord-oueſt, s'eſt acrue petit à petit juſqu'à cette année qu'elle a été trouvée à l'Obſervatoire de 13 degrez du même côté. Il y a des auteurs qui attribuent ces changemens à des mines de fer ou d'aiman, qui ſe forment de nouveau dans de certaines parties de la terre, pendant qu'il s'en detruit en d'autres, ce qui détourne le cours de la matiere magnetique qui paſſe d'un pole à l'autre de la terre, & dont la direction de l'aiman ou de l'éguille aimantée en eſt auſſi detournée.

Outre la déclinaiſon de l'éguille aimantée, on y remarque encore une inclinaiſon, c'eſt-à-dire, qu'une éguille de bouſſole étant en équilibre ſur ſon pivot avant que d'être aimantée, perd cet équilibre en l'aimantant; & le bout qui dans ce pays tourne au nord, panche vers la terre, comme ſi elle étoit devenue plus peſante de ce côté-là: c'eſt ce qui fait qu'avant que d'aimanter les éguilles, on laiſſe le côté qui doit regarder le nord, plus leger que celui qui doit regarder le ſud. Cette inclinaiſon augmente à meſure qu'on approche du pole, & diminue quand on approche de l'équateur; tellement que ſous la ligne équinoxiale l'éguille ſe trouve en équilibre: quand on a paſſé la ligne pour aller vers la partie méridionale du monde, pour lors l'autre bout de l'éguille, qui regarde le pole du ſud, commence à pancher vers la terre, tellement que les Pilotes ſont obligez de mettre un peu de cire tantôt à un bout de l'éguille, tantôt à l'autre, pour la mettre en équilibre. Plus l'aiman ſur lequel on touche les éguilles, a de force, plus il les fait pancher.

On fait exprès des éguilles pour obſerver cette inclinaiſon. C'eſt un morceau d'acier fort uni, traverſé par le milieu à angles droits d'un fil de laiton qui ſert à la ſoutenir ſur deux petits pivots, à la maniere que le fleau d'une balance eſt ſoutenu. Elle eſt d'abord miſe en équilibre; mais après qu'elle a été frotée d'un bon aiman, quand on la met dans le plan du méridien à Paris, le bout de l'éguille qui regarde le nord, trebuche; & quand elle eſt arrêtée, elle incline à l'horiſon environ de 70 degrez.

Si on paſſe une lame d'acier ſur un des poles de l'aiman armé de la même maniere que nous avons dit des éguilles de bouſſoles, cette lame acquiert en un inſtant la vertu magnetique, & ne la perd que peu à peu & après pluſieurs mois, à moins qu'on ne la mette au feu; une lame d'acier étant paſſée ſur une bonne pierre, enleve juſqu'à 12 à 14 onces.

Les deux bouts de cette lame ainſi aimantée deviennent poles de divers noms; l'un boreal, ſavoir celui dont l'attouchement finit ſur le pole auſtral de la pierre; & auſtral, ſi l'attouchement a été fait ſur le pole boreal de la pierre: car ſi cette lame eſt aſſez legere pour nager ſur l'eau, elle ſe dirigera, comme l'aiman, au nord & au ſud.

Le bout de cette lame, par lequel l'attouchement a fini, leve beaucoup plus de fer que l'autre bout; & si l'on passe une seule fois cette lame à contre-sens sur la pierre, elle ne levera plus, & aura perdu sa vertu. Il en est de même d'une éguille de boussole, d'une lame de couteau, &c.

Deux lames aimantées se fuient, & s'approchent comme l'aiman.

Si une lame d'acier nage sur l'eau, on la fera mouvoir comme on voudra, selon qu'on lui presentera les poles d'un aiman, ou d'une autre lame aimantée.

Une éguille fine, enfilée & soutenue par un fil, fera voir ce qu'on nomme sympathie & antipathie : car cette éguille sera chassée par un pole d'un aiman, & attirée par l'autre.

L'on fera tenir debout une éguille, sans qu'elle touche à l'aiman, en sorte qu'on pourra passer entre elle & l'aiman une piece d'argent, ou autre matiere, pourvû que ce ne soit pas de fer.

Si autour d'un aiman rond, ou d'une autre figure, suspendu par un fil, on place circulairement plusieurs petites éguilles de boussole aimantées, sur leurs pivots, & qu'on fasse mouvoir l'aiman en tout sens, on verra aussi mouvoir toutes ces éguilles d'une maniere agréable, en prenant differentes situations, & lorsque l'aiman cessera de se mouvoir, ces éguilles cesseront aussi, en observant chacune à part une disposition conforme à la façon dont on l'aura aimantée.

Nous avons parlé de l'arrangement de la limaille autour d'un aiman posé sur un carton; il en sera à peu près de même autour d'une lame d'acier aimantée.

Si on seme de la limaille sur un carton, & qu'on passe un aiman dessous, la limaille se dressera, puis se couchera du côté d'où vient l'aiman.

Si au lieu de limaille on met sur un carton un ou plusieurs bouts d'éguilles cassées, ils se dresseront par un bout en presentant un des poles de l'aiman; mais si on presente l'autre pole, ils feront la culbute, puis se redresseront sur l'autre bout.

Il n'est pas facile de separer une poussiere noire mêlée parmi du sable blanc; & le proposer à faire à une personne qui n'en auroit pas le secret, ce seroit demander l'impossible : cependant si on mêle de la limaille de fer avec du sablon d'Etampes, on les separe facilement avec une pierre d'aiman ou une lame d'acier aimantée : car enfonçant l'un ou l'autre dans ce mélange, on enleve à diverses fois tout ce qu'il y a de fer parmi ce sable, qui reste seul.

Un aiman enleve une pirouete qui tourne, & dont l'axe est d'acier; & si elle est un peu pésante, elle tournera plus long-tems en l'air qu'elle n'auroit fait sur une table, où le frotement fait plutôt cesser son mouvement. Si l'aiman a assez de force, la pirouete qui y tient peut en enlever une seconde, & toutes les deux tourneront à contre-sens.

On peut encore faire une experience assez divertissante, en mettant dans un bassin plat, où il y a de l'eau, de petits poissons, ou des cignes d'émail, qui sont ordinairement enfilez d'un fil d'acier. On aura le plaisir de les voir nager & courir çà & là en passant sous le bassin une bonne pierre d'aiman. On peut leur donner tel mouvement qu'on veut en promenant la pierre de differentes façons : car si on la tourne en serpentant, les poissons serpenteront; si on leur presente le pole de l'aiman, ils plongeront comme pour

pour s'y joindre. On y peut aussi mettre de petits soldats d'émail, que l'on pourra faire approcher ou écarter les uns des autres en forme de combat, & en leur presentant l'équateur de l'aiman ils se couchent & semblent tomber.

C'est une chose assez curieuse, de voir une éguille à coudre enfilée, ou une petite fleche attachée par un cheveu à l'arc d'un Cupidon, demeurer suspendue en l'air à 8 ou 10 lignes de distance d'un bon aiman; & quoiqu'avec le bout d'une éguille on écarte un peu plus cette fleche à droit ou à gauche, elle se rapproche aussi-tôt, & par son agitation elle semble vouloir se joindre à cette pierre avec beaucoup de vitesse.

Nous laissons plusieurs autres experiences, parce qu'elles nous meneroient trop loin, il s'en fait plus de cent differentes. Le principal est d'avoir un bon assortiment d'aiman pour faire les plus belles & les plus curieuses.

Construction d'un aiman artificiel.

CEt instrument est composé de plusieurs lames d'acier bien dressées & bien unies, mises les unes sur les autres. Pour le faire passablement bon, il en faut du moins une vingtaine, suivant la force de l'aiman qu'on veut faire, qui ayent environ dix pouces de longueur, un pouce de largeur, & demi-ligne d'épaisseur: il seroit inutile de les faire plus épaisses, parce que la vertu magnetique ne se communique pas plus avant dans l'acier. Fig. B I.

Ces lames étant aimantées avec une bonne pierre, on les place l'une sur l'autre, suivant leurs plus larges surfaces, ayant leurs poles de même nom tournez du même côté formant un parallelipipede rectangle. Ces lames sont pressées par quatre étriers de laiton, & autant de petits coins de même matiere, marquez 3, & terminez par deux armures de fer, de longueur, largeur & épaisseur convenables. La base de leurs têtes a environ deux pouces de largeur. Ces armures sont retenues par une ceinture de laiton, & serrées avec des vis marquées 2. Il y a une plaque de laiton qui les couvre par dessus, à laquelle est attaché le pendant avec son anneau, & au-dessous est son porte-poids marqué 5. Il faut faire en sorte que le dessus du porte-poids fasse un contact le plus parfait qu'il est possible avec les têtes des armures. Quand les aimans artificiels sont bien faits, & touchez avec de bonnes pierres, ils ont autant de vertu que les bons aimans naturels, & on peut s'en servir pour faire les mêmes experiences.

Il se fait aussi un aiman artificiel plus simple que celui dont je viens de parler. Ce sont trois ou quatre lames d'acier, comme le bout d'en bas des fleurets de la longueur de 12 à 15 pouces, qu'on aimante avec une bonne pierre. On les joint ensemble en les serrant avec des étriers de laiton, le bout d'en bas qui sera le plus mince & qui aura été touché enlevera le fer & touchera les éguilles de boussoles, mais il faut avoir soin de retoucher ces lames de tems en tems.

Construction du peson à ressort.

CEtte machine est un peson qui se peut porter aisément à la poche, & dont on se sert bien facilement pour peser un poids, depuis une livre jusqu'à environ 40. Fig. D.

Cet instrument est composé d'un tuyau ou canon de cuivre bouché par les deux bouts, long de 4 à 5 pouces, & large de 7 à 8 lignes, dont on voit un bout marqué 3, le reste étant ouvert pour faire voir le dedans, qui est un ressort de fil d'acier trempé, fait en maniere de vis, comme un tire-boure d'arquebuse, marqué 2. Il y a par le bout d'en haut une petite virole marquée 6, qui a un trou quarré par où passe une verge de cuivre marquée 1, qui est aussi quarrée, & qui traverse le ressort, sur laquelle verge sont les divisions des livres qu'on y a marquées, en mettant successivement au crochet marqué 4 un poids d'1, 2, 3 livres, &c. suivant qu'on veut que le peson porte de poids. On écrit aussi les chifres de 5 en 5, sur la verge, & le lieu où elle se trouvera coupée par le bord du trou quarré marqué 7; marquera les livres; ce qui arrivera en divers points par les differens poids attachez au crochet 4, qui par leur pésanteur feront étendre & retrecir le ressort, & en même tems sortir en dehors une plus grande ou plus petite partie de la verge, qui doit être arrêtée par le bout d'en bas au ressort par une petite vis.

L'usage en est fort facile: car la virole à vis marquée 6, étant mise au haut de la grande virole, le ressort sera dans toute son étendue au long de la branche, & en mettant un poids au crochet, il fera replisser ledit ressort & sortir la branche en dehors; alors remarquant le nombre qui sera coupé par le bord de la petite virole, ce seront autant de livres que pesera ce qui sera attaché au crochet.

La principale justesse de cette machine consiste en la trempe du ressort, afin qu'il se ploye & se tende suivant la force du poids qu'on lui veut faire porter. Il faut aussi que le fil d'acier soit gros à proportion du poids que le peson portera de livres, ce qui déterminera aussi la grosseur & la longueur de l'instrument.

Construction du peson à fléau.

Fig. E.

CEt instrument est une espece de peson ou balance de l'invention de M^r. Cassini. Cette balance consiste en une verge suspendue par un fléau en son point d'équilibre 5, qui divise ladite verge en deux bras, comme celle des balances communes. Chacun de ces bras est divisé en parties égales suivant la longueur de l'instrument, dont l'ordre commence du point de l'équilibre, allant vers les deux extremitez marquées 1 & 2.

L'usage de cette balance est de connoître le poids & le prix des marchandises en même tems. Si on veut se servir de cette balance pour peser les marchandises, il faut mettre à un des bras de la balance un contrepoids marqué 4, d'une livre ou d'une once, suivant que les marchandises se pesent par livres ou par onces, en telle maniere qu'il puisse couler le long du bras, comme dans les romaines, & de l'autre côté il faut mettre un fil de soie pour soutenir la marchandise. Pour en savoir le poids, il faut mettre le fil de soie à la premiere division qui est la plus proche du point de l'équilibre, & faisant couler le contre-poids jusqu'à ce qu'il fasse équilibre, il marquera dans ce point le nombre des livres ou des onces de la marchandise.

Si on veut savoir le prix de toute la marchandise, à raison du prix convenu, comme par exemple à 7 sols l'once ou la livre, mettez le fil qui

ſoutient la marchandiſe, à la ſeptiéme diviſion du même bras, enſuite faiſant couler le contrepoids ſur l'autre bras juſqu'à ce qu'il ſoit en équilibre, le nombre des diviſions depuis le point de ſuſpenſion juſqu'au contrepoids, ſera le nombre des ſols, ou la valeur de la marchandiſe peſée.

Pour les marchandiſes qui ne ſauroient être peſées que dans un baſſin, prenez-en un qui ſoit d'un poids connu, comme d'une once ou d'une livre, le crochet pour le ſuſpendre y compris; & pour trouver le poids & le prix de la marchandiſe, faites la même choſe que vous avez faite avec le fil de ſoie, & en ôtez celui d'une livre ou d'une once, qui eſt le poids du baſſin.

La livre dont on ſe ſert à Paris eſt de 16 onces, & ſe diviſe en deux marcs, chacun de 8 onces; l'once ſe ſubdiviſe en 8 gros, le gros en 72 grains, & le grain, qui eſt à peu près le poids d'un grain de froment, eſt le plus petit poids qui ſoit en uſage.

Le quintal peſe cent livres.

Rapports du poids de Paris à ceux des pays étrangers.

LA livre d'Avignon, Lyon, Montpellier & Thoulouſe peſe 13 onces.

La livre de Marſeille & de la Rochelle peſe 19 onces.

La livre de Rouen, Beſançon, Straſbourg & Amſterdam peſe 16 onces, comme celle de Paris.

La livre de Milan, Naples & Veniſe peſe 9 onces.

La livre de Meſſine & de Gennes peſe 9 onces 3 quarts.

La livre de Florence, Ligourne, Piſe, Sarragoſſe, Valence peſe 10 onces.

La livre de Turin & de Modene peſe 10 onces & demie.

La livre de Londres, Anvers & Flandres peſe 14 onces.

La livre de Baſle, Berne, Francfort, Nuremberg peſe 16 onces & 14 grains.

Celle de Genéve 17 onces.

Conſtruction d'une mouſle.

L'Inſtrument marqué F eſt une mouſle double. Elle eſt compoſée de deux chapes, dont chacune porte huit poulies creuſées dans l'épaiſſeur d'un petit canal pour recevoir la corde & l'empêcher de ſe détourner. Elle eſt attachée par un bout à la chape ſuperieure, & après avoir fait le contour de toutes les poulies, l'autre bout de la corde ſe joint à la puiſſance repreſentée par une main. Quatre de ces poulies ſont portées par un même eſſieu, & quatre par un autre, auſſi-bien dans la chape ſuperieure que dans l'inferieure. Au-deſſus de la chape d'en haut il y a un anneau pour attacher la machine en un lieu fixe, & au-deſſous de la chape d'en bas il y a un autre anneau pour attacher le poids. Fig. F.

L'uſage de cette machine eſt pour élever ou attirer à ſoi de gros fardeaux, en multipliant la force de la puiſſance, laquelle augmente dans la raiſon de l'unité au nombre double des poulies d'en bas: de ſorte que dans cet inſtrument, où la mouſle d'en bas contient huit poulies, ſi le poids marqué 4 peſe 16 livres, il ne faudra à peu près qu'une livre de force à la

puissance pour faire équilibre. Je dis à peu près, parce qu'il en faut un peu plus à cause du frotement de la corde & des essieux. Les poulies de la chape d'en haut ne contribuent point à augmenter la force, mais seulement à faciliter le mouvement en évitant le frotement des cordes, parce qu'étant comme des leviers de la premiere espece, dont le point fixe est au milieu, la puissance est égale au poids; mais les poulies de la moufle d'en bas sont comme des leviers de la seconde espece, dont le point fixe est à un des bouts: car leur diametre est comme apuyé sur un bout, & levé de l'autre; ce qui fait que chacune de ces poulies double la force, parce que la distance de la puissance est double de celle du poids.

Construction de la canne à vent.

CEtte machine represente une canne à vent, ou même une arquebuse, dont la difference est peu de chose pour la construction. Elle a environ 3 pieds de long sur 12 ou 15 lignes de grosseur. Le tuyau 4 est fait de laiton bien rond & bien soudé, de 4 à 6 lignes de diametre. Il est bouché du côté opposé à l'ouverture. Le creux du tuyau est ce que l'on nomme l'ame du canon; l'endroit marqué 1 est un autre tuyau aussi de laiton tellement disposé autour du premier, qu'il demeure un espace marqué 4, dans lequel l'air peut être enfermé. Ces deux tuyaux doivent être unis ensemble par une plaque circulaire attachée au bout & exactement soudée à l'un & à l'autre, pour que l'air n'en puisse sortir. La piece marquée 8, est une soupape qui bouche une ouverture qui se peut faire du dehors en dedans, c'est-à-dire, qui permet à l'air de passer de 2 vers 1, mais non pas de retourner de 1 vers 2. Il y a encore deux ouvertures au tuyau intérieur environ vers le bout, qui ressemble à la culasse d'un canon ordinaire; l'une est marquée 6, par où l'air pourroit échaper de la cavité 4, dans l'ame du canon, s'il n'en étoit empêché par une soupape à ressort, qui ne se peut ouvrir que de dehors en dedans, & que l'air presse d'autant plus contre le trou, qu'il fait plus d'effort pour sortir. L'autre ouverture est marquée 5, par laquelle il y a communication du dehors de toute la machine au dedans du canon intérieur, de telle sorte cependant que l'air que l'on a renfermé dans la cavité 4, ne peut sortir par l'ouverture 5, en étant empêché par le moyen d'un petit bout de tuyau qui est soudé aux deux tuyaux 1 & 4. Enfin le tuyau 2 represente le corps d'une seringue par laquelle on introduit le plus d'air qu'on peut dans l'espace 4, après quoi ayant fait couler une bale près le petit tuyau 5 dans l'ame à l'endroit marqué 8, la canne ou arquebuse se trouve toute chargée.

Fig. G.

Pour la décharger, il ne faut qu'enfoncer dans le petit tuyau 5, une petite cheville ou poinçon rond qui remplisse le trou par lequel on pousse la soupape à ressort qui est à l'ouverture marquée 6: car alors l'air qui étoit pressé dans la cavité 4, se dilate, & sortant par l'ouverture marquée 5 dans l'ame du canon, pousse la balle au dehors avec impétuosité, & d'une si grande force, qu'elle perce une planche d'une moyenne épaisseur.

Le piston marqué 9, est à peu près semblable à celui d'une seringue. L'étrier marqué 12, qui est au bout, est fait pour passer le pied dedans, afin de pomper l'air plus facilement. Il faut avoir grand soin que le corps de la seringue soit bien juste & bien rond, afin que l'air ne s'en retourne pas.

Il est aussi necessaire que le piston remplisse très-juste le corps de pompe, & qu'il y ait deux petits trous, afin qu'en tirant l'étrier en dehors, l'air pressé fasse lever une petite plaque de cuir qui est attachée au bout dudit piston, pour le laisser passer entre le piston & la soupape; ensuite repoussant le piston en dedans, l'air se trouvant encore pressé, fait lever la petite soupape qui bouche le trou de communication, & par ce moyen l'air passe dans la capacité 4, & n'en peut sortir sans faire son effet.

La canne se démonte en deux, à l'endroit marqué 7, par le moyen d'une grosse vis creuse.

La figure 10, qui est à part, represente la petite soupape qui bouche le trou de communication. Il y a une espece de vis en tire-boure, afin que par son ressort elle puisse se relever & rebaisser, suivant que l'air la fait agir.

La petite figure 11, represente le ressort en soupape. On le met en dedans du canon quand la canne est démontée. Il sert à boucher le trou qui est à l'ame du canon. Il faut sur tout qu'il soit si bien ajusté, que l'air ne s'échape point du tout. On attache audit ressort, à l'endroit qui bouche le trou, un morceau de cuir de hongrie, afin que le trou soit bien bouché. L'on démonte aussi l'étrier qui est au bout du piston, pour mettre une pomme de canne ordinaire à sa place.

Construction de l'éolipile.

Fig. III.

CEt instrument est fait de laiton battu & retraint en forme de boule ou poire creuse. On soude une espece de tuyau en forme de goulet, qui est percé d'un très-petit trou par le bout. Le vase n'est d'abord rempli que d'air, que l'on fait rarefier en l'approchant du feu, afin qu'il en échape une bonne partie par sa petite ouverture, ensuite on plonge l'éolipile dans de l'eau froide, qui fait condenser l'air contenu dans l'instrument, & donne passage à l'eau qui entre par la petite ouverture, & remplit le vuide.

Ayant ainsi rempli en partie d'eau cette éolipile environ le tiers de sa capacité, si on la pose sur des charbons ardens dans la situation semblable à celle que vous voyez dans la figure, l'eau qui est dans la partie basse venant à s'échauffer, se dilatera petit à petit, & s'élevera peu à peu en vapeurs, qui volant dans l'espace d'en haut, où il n'y a que de l'air, se chassent les unes les autres pour sortir en foule par la petite ouverture, en telle sorte que celles qui sont auprès du trou sortent par là avec beaucoup de vitesse. Ces vapeurs entraînant l'air avec soi, produisent un vent & un sifflement violent qui souffle le feu, & qui continue jusqu'à ce que toute l'eau soit évaporée, ou que la chaleur soit tout-à-fait éteinte; & ce vent a toutes les proprietez qu'on remarque dans ceux que nous sentons au-dessus de la surface de la terre.

Construction du microscope à liqueur.

Fig. II.

L'Instrument marqué I est un microscope pour voir les plus petits objets & les petits animaux qui sont dans les liqueurs. Il est composé de deux plaques de cuivre, ou d'autre métal, longues d'environ 3 pouces sur 8 lignes de large. Elles sont attachées ensemble par les deux bouts avec deux vis marquées 2, & qui servent à éloigner ou approcher les deux plaques tant

& si peu qu'il est necessaire pour laisser tourner une roue qui porte six ouvertures rondes, dans lesquelles il y a de petits verres plats pour mettre les differens objets marquez 3, 4, 5, &c. Du côté de l'œil il y a une piece de cuivre marquée 1. Elle est concave comme une petite coquille ronde, dont le trou qui est au milieu aboutit à une coulisse qui porte une très-petite lentille ou boule de verre. Cette boule doit être bien ronde ou fort convexe & bien polie, afin de distinguer les objets. Le bout d'en bas de la machine est limé en maniere de manche pour la tenir à la main.

L'usage de cet instrument est assez facile. Si les objets qu'on veut voir sont transparens sans être liquides, tels que sont les pieds d'une puce, d'une mouche, leurs aîles, les mittes de fromage, ou autres petits animaux, comme aussi les cheveux, leurs racines, &c. on mettra ces objets du côté de l'œil sur les verres plats qui sont joints à la roue, en les faisant tenir par leurs extremitez avec un peu d'eau gommée. Et pour voir les petits animaux qui sont dans l'urine gardée, dans le vinaigre, dans l'eau en laquelle on aura fait infuser des grains de poivre, de la coriandre, de la paille, du foin & presque de toutes sortes de legumes ou herbages, il en faut prendre une petite goute avec le bout d'un petit tuyau de verre & l'étendre sur lesdits verres; il faut ensuite tourner la roue & la hausser ou baisser par le moyen des vis marquées 2, & du ressort qui est entre les deux plaques, qui sert à maintenir ladite roue dans la situation qu'on veut qu'elle ait, & en telle sorte que les petits objets, ou la goute de liqueur soit directement au-dessous de la petite boule de verre. Les choses étant ainsi disposées, prenez à la main le manche du microscope, & ayant appliqué l'œil dans la coquille marquée 1, vis-à-vis de la petite boule de verre, regardez fixement l'objet au grand jour, ou la nuit à la lumiere d'une bougie; tournez en même tems & peu à peu la vis du bout pour approcher ou éloigner l'objet plus ou moins de la boule de verre, jusqu'à ce que vous ayez trouvé le point de vue dans lequel le petit objet transparent, ou les animaux qui nagent dans la goute de liqueur, paroissent très-grands & très-distinctement; alors vous remarquerez des choses très-singulieres par la diversité de tant d'animaux de differentes figures.

Il faut avoir bien soin d'essuier la petite boule ou lentille de verre, afin qu'elle soit toujours bien claire.

Construction d'un autre microscope à liqueur, & autres petits objets.

JE fais des microscopes à liqueur de differentes façons: celui marqué K, me paroît le plus commode, il est composé d'une plaque de cuivre d'environ 3 à 4 pouces de hauteur, sur un & demi de largeur, taillée en maniere de parallelogramme, au bout de laquelle est un manche pour le tenir: l'endroit marqué 1, est une petite coulisse percée au milieu, au trou de laquelle on place une lentille enfermée dans un petit chassis; on peut en mettre de differens foyers suivant les differens objets qu'on veut observer. Il est bon de savoir que le foyer d'un verre est sa distance jusqu'à l'objet, & que les lentilles dont on se sert à ces sortes de microscopes, sont depuis demi-ligne jusqu'à quatre lignes de foyer.

Fig. K.

Au derriere de ladite plaque, à l'endroit marqué 2, est attachée une petite branche de cuivre ou d'acier quarrée, portant une autre plaque

qui coule au long de ladite branche par le moyen d'une petite boëte, d'un ressort & d'une vis qu'on fait tourner par le moyen d'une roue à dents, & qui sert à éloigner ou approcher parallelement comme on veut, ladite plaque, de celle qui porte la lentille. Vers le haut de la seconde plaque, qui est percée d'un trou assez grand, est aussi une coulisse où l'on place de petits vers plats sur lesquelles on a fait des petits ronds concaves pour y mettre les liqueurs de maniere qu'elles ne soient point emportées par la proximité de l'autre plaque. On peut ajuster dans cette coulisse differentes pieces pour differens objets. Il faut observer seulement, que tous ces objets répondent au centre de la lentille; de l'autre côté de ladite plaque est ajusté un petit tuyau marqué 3, de cuivre, de bois ou de chagrin d'environ une pouce de diametre, & d'un ou deux de longueur, percé par les deux extremitez; mais dont le centre réponde aussi très-juste au centre des lentilles: on a remarqué qu'avec un pareil tuyau, ces microscopes avoient bien plus d'effet dans les objets transparens, & on y remarque assez distinctement la circulation du sang dans la queue des plus petits poissons.

L'usage de cet instrument est très-facile : ayant placé l'objet vis-à-vis le centre de la lentille, il n'y a qu'à mettre l'œil vis-à-vis ladite lentille au grand jour, ou vis-à-vis la lumiere d'une bougie, & approcher ou reculer l'objet par le moyen de la vis, jusqu'à ce qu'on voye l'objet distinctement; alors on y remarquera des choses très-curieuses, & qui feront plaisir.

Construction d'un microscope à un verre.

LE petit instrument marqué L est un microscope assez commode. Il est composé d'une branche de laiton, ou autre métal, qui a un mouvement vers le haut pour la mettre dans la situation que la figure le montre. Il y a au bout une piece marquée 1, qui porte une petite lentille de verre fort convexe qui grossit beaucoup l'objet. Elle se monte à vis dans une petite boëte percée au fond. La piece marquée 4, sont deux ressorts attachez ensemble par le milieu avec un clou rond pour leur donner le mouvement qu'on souhaite. Dans un des ressorts on enfile la branche qui porte la lentille, & dans l'autre on enfile une petite branche qui porte par un de ses bouts une piece marquée 2, qui est blanche d'un côté & noire de l'autre, pour mettre les differens objets. L'autre bout marqué 3, est une petite pince qui s'ouvre en pressant les deux petits boutons. Elle sert à tenir les petits animaux & autres objets. Le pied marqué 5, a environ un pouce & demi de diametre. La branche s'y met à vis, afin de démonter l'instrument, pour qu'il ne tienne guére de place.

Fig. L.

L'usage en est fort facile. On place les objets sur la petite piece ronde, ou au bout de la petite pince, & on les approche de la lentille en faisant couler le ressort au long de la branche, jusqu'à ce que l'on voye l'objet très-distinctement. Alors on y remarquera des choses qui feront plaisir.

On voit aussi avec ce microscope, les animaux qui sont dans les liqueurs, en mettant un verre plat à la place de la petite piece ronde marquée 2, qui se démonte à vis.

Construction d'un microscope à trois verres.

CEt instrument est composé de trois verres; savoir, le verre oculaire marqué 3, le verre du milieu 4, & la lentille ou verre objectif marqué 5. Il y a un couvercle pardessus pour garentir de la poussiere le verre oculaire. Ces trois verres sont enchassez dans des cercles de bois & à vis pour les maintenir en leur place & pour les démonter facilement, afin de les nétoyer sans peine.

Fig. M.

L'oculaire & le verre du milieu sont ajustez aux extremitez d'un tuyau de velin qui entre juste dans le tuyau extérieur, afin d'allonger le microscope & le mettre à son juste point, suivant une ligne qui est tracée autour dudit tuyau. Pour que cet instrument soit d'une grandeur raisonnable, il faut que le verre oculaire soit d'environ vingt lignes de foyer, & le verre du milieu d'environ trois pouces de foyer, & placez à environ trois pouces trois lignes l'un de l'autre.

La lentille est placée au bout d'un cul-de-lampe de bois qui est collé à l'extremité du tuyau extérieur. Ladite lentille est enfermée dans une petite boëte percée au fond, d'un petit trou, & qui se démonte à vis, afin de changer de lentille, & en mettre de different foyer. Il y en a ordinairement de 2, 3, 4 & 5 lignes de foyer, & qui sont plus ou moins convexes. La bonté de ces verres dépend d'avoir des bassins de cuivre concaves tournez d'une juste proportion aux verres qu'on veut travailler; comme aussi du mouvement de la main; de la bonté de la matiere que vous employez pour les construire, & sur tout de les bien polir: on se sert d'abord de grais pour les dégrossir dans les bassins, ensuite de sable fin pour les adoucir, & puis du tripoli bien doux pour les polir. Je ne m'arrêterai pas davantage ici à la construction de ces verres, j'en parlerai encore en differens endroits de cet ouvrage.

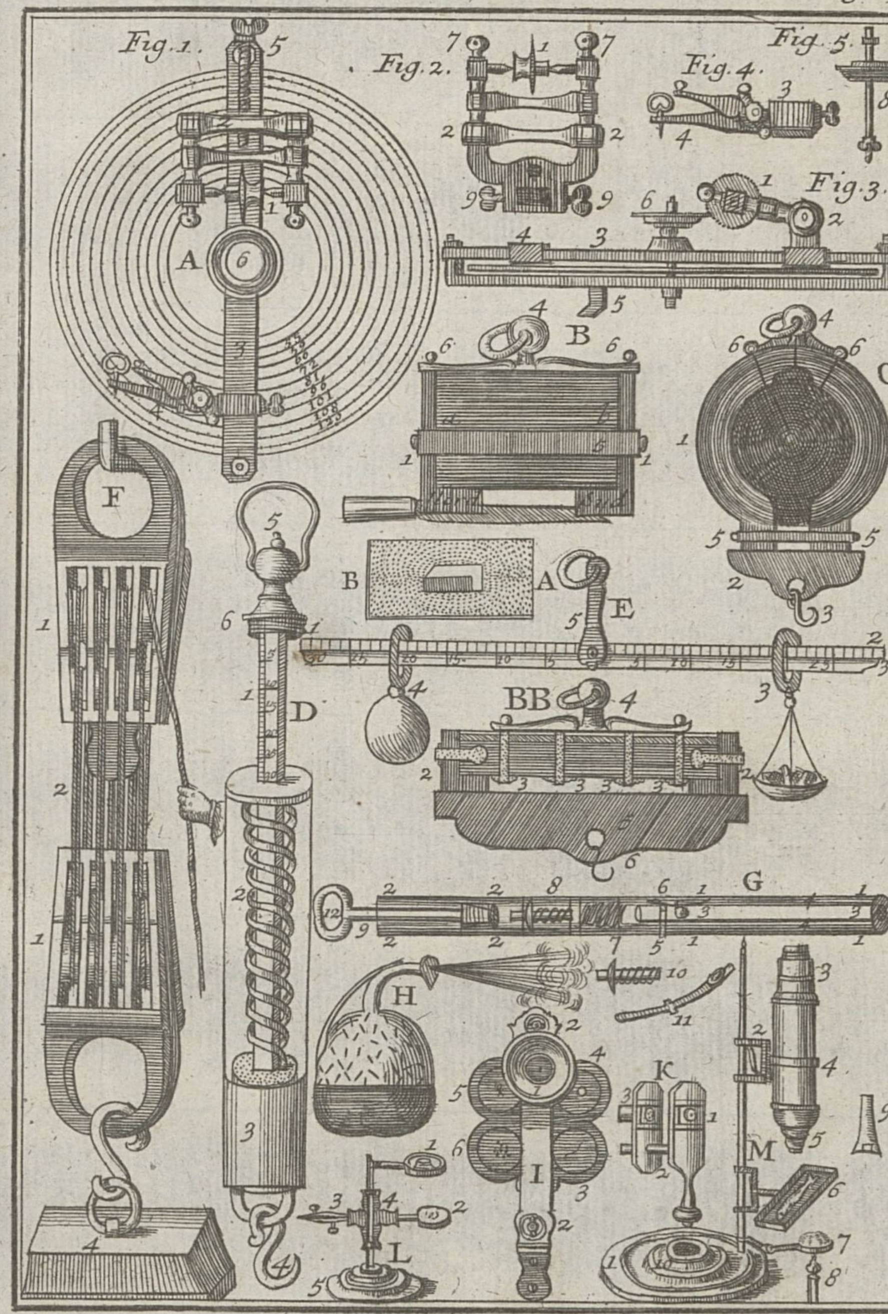
Le pied marqué 1 qui doit être un peu pesant à cause qu'il porte le microscope en l'air, est fait de cuivre de 4 à 5 pouces de diametre. Il y a au milieu un creux, dans lequel on met une petite piece qui est blanche d'un côté & noire de l'autre, on met les objets noirs sur le côté blanc, & les blancs sur le côté noir.

La branche est attachée au bord du pied, elle est de cuivre rond, au long de laquelle le microscope se peut hausser, baisser & tourner par le moyen du support fait en double équerre marqué 2. Il y a un cercle qui est fortement attaché à la double équerre, & qui embrasse bien juste le tuyau extérieur. Il y a aussi un ressort d'acier qui appuie contre la branche, & fait tenir l'instrument à la hauteur & dans la situation qu'on a besoin.

La piece marquée 6, est un petit chassis de cuivre qui porte un morceau de glace ou de verre blanc pour mettre dessus les objets transparens. Il coule aussi au long de la branche au-dessous du microscope, & est porté de même par une double équerre.

Enfin la piece marquée 7, est un verre convexe qui rassemble dans un petit espace les rayons de lumiere qu'il reçoit la nuit d'une bougie allumée, & qui la reflêchit vivement sous l'objet transparent qui est sur la glace, & le fait voir bien plus distinctement. Ce verre est enchassé dans un cercle de cuivre, & hausse, baisse, allonge & racourcit par le moyen d'un petit bras qui le porte, comme la figure le montre.

Planche Dixieme.



Usage de ce microscope.

POur s'en servir, par exemple, à voir la circulation du sang de quelque animal, on met un très-petit poisson vivant sur la glace en telle maniere qu'une partie des nageoires de la queue soit juste vis-à-vis du verre objectif & au dessus du rayon du verre convexe au grand jour, ou à la lumiere de la bougie la nuit; alors plaçant le microscope juste à son point, vous verrez le sang monter, descendre ou circuler, comme des petits canaux. Les poissons les plus propres pour faire cette experience sont les queues des petites tanches, de la lamproie, & des petites grenouilles, parce qu'elles sont plus transparentes, & que l'animal vit plus long-tems hors de l'eau.

La petite piece marquée 9, est un petit canal de plomb qu'il faut mettre sur le poisson, pour l'empêcher de sauter hors de sa place & de retirer sa queue du petit espace éclairé : on peut aussi le lier avec deux fils par les extremitez du corps.

Par ce microscope on peut aussi fort bien examiner les liqueurs; car si vous mettez une petite goute de vinaigre sur le verre justement dans le milieu de l'espace éclairé, vous verrez très-distinctement les petits animaux qui y sont. Il en sera de même de l'eau où l'on aura fait infuser du poivre, de l'orge, &c. comme aussi les vers & les autres petits insectes qui sont dans l'eau croupie.

Le sang dont on veut observer ce qu'il contient de visible, se peut connoître en y en mettant une très-petite quantité & tout chaud vis-à-vis le rayon de lumiere. Alors on y remarquera très-bien la serosité & les petites boules qui paroissent d'une couleur rougeâtre.

Il sera facile d'avoir du sang sur le champ. En se serrant le pouce avec un cordon, & se piquant avec une épingle, on en aura suffisamment.

Les liqueurs se mettent sur la glace avec un petit bout de tuyau de verre que l'on trempe dans la liqueur, & on la fait descendre sur la glace, soit en soufflant doucement dans le tuyau, ou en pressant du pouce par le haut; car l'air pressé dans le tuyau, presse de même la liqueur, qui est contrainte d'en sortir.

Pour retirer beaucoup d'animaux dans une petite quantité de liqueur, il faut mettre cette liqueur dans une petite bouteille fort étroite par en haut & l'entretenir toujours pleine; par ce moyen les animaux qui montent en haut pour y respirer, seront pompez avec le petit tuyau en plus grande quantité qui si le vaisseau qui les contient étoit plus large en haut.

Les yeux de mouche, les fourmis, les poux, les puces & les mites de fromage se mettent au milieu du pied du microscope, aussi-bien que le sable, les sels & toute autre poudre, pour examiner leurs couleurs & leurs qualitez, en observant toujours de mettre sur le côté blanc les objets noirs, & sur le côté noir les objets blancs.

L'on suppose ici que les verres de ce microscope soient bien travaillez & bien placez en leurs foyers. Il est bon aussi de savoir que l'image de l'objet & sa grandeur seront d'autant plus considerables, que la lentille sera d'un plus court foyer : mais il ne sera pas tout-à-fait si net.

Fin du troisiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS DE MATHEMATIQUE

Qui servent à travailler à la campagne, pour arpenter les terres, lever les plans, mesurer les distances & prendre les hauteurs. Les plus usitez sont les piquets, les cordeaux, la toise, la chaîne, les équerres d'arpenteur, les recipiangles ou mesurangles, les planchettes, le quart de cercle, le demi-cercle & la boussole.

LIVRE QUATRIE'ME.

CHAPITRE PREMIER.

Contenant la description & les usages des piquets, des cordeaux, de la toise & de la chaîne.

XI. Planche. Fig. A.

LEs piquets sont de petits morceaux de bois de cormier de deux à trois pieds de long, arrondis & pointus par un bout, que l'on garnit de fer, pour être plus facilement enfoncez en terre. On en fait quelques-uns de plus longs, afin d'être vûs de loin, comme on les voit representez dans la planche onziéme.

Fig. B. Les cordeaux doivent être de bonne ficelle bien torse & d'une grosseur

convenable, pour ne pas s'allonger facilement, telle que la figure B le marque.

La toise est une mesure de six pieds de long d'un bâton rond tout d'une piece, divisé en ses pieds marquez par de petits anneaux ou de petits clous de cuivre. Le dernier pied se divise en 12 pouces, qui se distinguent aussi par de petits clous. Fig. C.

Il y en a qui sont brisées & qui se montent à vis en 2, 3, ou 4 pieces par le moyen des viroles & des vis de cuivre qui sont attachées à chaque bout, & on met aussi aux deux bouts des toises une virole de cuivre & un bout d'acier pour la conserver dans sa longueur. Fig. D.

La chaîne est composée de plusieurs pieces de gros fil de fer ou de laiton recourbées par les deux bouts. Chacune de ces pieces a un pied de long, y compris les petits anneaux qui les joignent ensemble. Fig. E.

Les chaînes se font ordinairement de la longueur de la perche du lieu où l'on veut s'en servir, ou bien de quatre à cinq toises de long, & même plus longues si l'on a de grandes stations à mesurer, comme de 8 ou 10 toises. Ces nombres sont plus aisez à additioner. On les distingue quelquefois par un plus grand anneau de toise en toise. Ces sortes de chaînes sont fort commodes, en ce qu'elles ne se nouent point comme celles qui sont faites de petites mailles de fer.

En 1668 on a placé un nouvel étalon de la toise fort juste, au bas de l'escalier du Grand-Châtelet de Paris, pour y avoir recours en cas de besoin.

Nous avons dit que la toise en longueur contient six pieds, & chaque pied, douze pouces.

La toise quarrée contient 36 pieds quarrez, parce qu'on multiplie 6 par 6; le pied quarré contient 144 pouces quarrez, parce qu'on multiplie 12 par 12; le pouce quarré contient 144 lignes quarrées, parce qu'on multiplie aussi 12 par 12.

La toise cube contient 216 pieds cubes, parce qu'on multiplie 36 par 6; le pied cube contient 1728 pouces cubes, parce qu'on multiplie 144 par 12; le pouce cube contient de même 1728 lignes cubes, parce qu'on multiplie aussi 144 par 12.

La perche n'a point de longueur déterminée.

Celle de la Prévôté de Paris a trois toises ou dix-huit pieds. En d'autres pays elle a 20, 22 & 24 pieds.

La perche dont on se sert en France, pour arpenter les eaux & forêts, suivant les dernieres reglemens, a 22 pieds de longueur, & par consequent la perche quarrée contient 484 pieds quarrez.

L'arpent est une mesure quarrée dont on se sert pour la vente des terres & des bois.

L'arpent des environs de Paris contient 100 perches quarrées ou 300 toises, & chaque côté est par consequent de 10 perches ou 30 toises.

La lieue est un espace de terre dont on se sert pour mesurer les chemins. Sa mesure n'est pas déterminée, étant differente selon les differens pays.

On compte depuis la porte de Paris près le Grand-Châtelet, jusqu'à la porte de l'Eglise de saint Denys, deux lieues, dont chacune est de deux mille deux cens toises.

Messieurs de l'Academie des Sciences en travaillant à la mesure de la

terre, ont observé qu'un degré d'un meridien terrestre contient 57060 toises, & donnant 25 lieues au degré, chaque lieue contiendra 2282 toises.

La lieue marine est un peu plus grande, puisqu'on n'en compte que 20 au degré; c'est pourquoi elle contient près de 3000 toises.

Les Italiens comptent par milles, dont chacun contient mille pas géométriques.

Le pas géométrique est de cinq pieds antiques, dont le palme est les trois quarts du pied ancien romain, qu'on peut estimer environ 11 de nos pouces. Et par consequent le mille d'Italie à Rome contient 769 de nos toises, à très-peu près.

Les Allemans comptent aussi par milles, mais ils sont bien plus grands que ceux d'Italie; ils contiennent 3626 toises.

On compte par lieues en Espagne, qui contiennent 2863 toises, & reviennent justement à vingt lieues par degré terrestre.

Il en est de même en Angleterre & en Hollande.

USAGE PREMIER.

Par deux points donnez sur la terre, tracer une ligne droite & la prolonger tant qu'il est besoin.

PLantez un piquet sur chaque point donné, & ayant tendu un cordeau d'un piquet à l'autre, faites tracer un sillon le long dudit cordeau; faites en sorte qu'ils soient bien à plomb sur le terrain, & qu'en les bornayant ou les regardant, le premier cache l'autre à l'œil.

C'est de la même maniere que l'on peut prolonger une ligne droite sur la terre; car ayant planté deux piquets, on en peut planter tant d'autres qu'on voudra dans le même alignement, en bornayant comme nous venons de dire; mais il faut qu'il y ait toujours deux piquets bien plantez pour servir à aligner le troisiéme.

USAGE II.

Mesurer une ligne droite sur la terre.

LOrsqu'on a une longue ligne à mesurer sur le terrain, il faut user de précaution pour ne se pas tromper & n'être pas obligé de recommencer. Pour ce faire, il faut deux hommes portant chacun une toise; le premier ayant étendu sa toise sur le terrain ne la doit pas lever que le second n'ait posé la sienne au bout de la premiere. Le premier homme ayant relevé sa toise, comptera tout haut, une; & quand il l'aura remise au bout de la seconde, le second homme relevera la sienne & comptera deux, en continuant ainsi de suite jusqu'au bout, & afin de bien poser les toises en ligne droite, il faut toujours avoir devant les yeux deux piquets pour les bornayer, car s'il n'y en avoit qu'un, les toiseurs iroient tout de travers & ne feroient rien de juste.

Pour abreger le tems & la peine, on doit avoir une chaîne, laquelle est souvent composée de 30 pieds ou 5 toises, avec un anneau à chaque bout. Celui des deux hommes qui va devant, porte aussi plusieurs piquets. Lorsque la chaîne est bien étendue en ligne droite, bien allignée & de niveau, il pose un piquet au bout des 5 toises, afin que celui qui va derriere puisse connoître où la chaîne a fini; car toute l'adresse consiste à bien compter & mesurer juste.

USAGE III.

Sur une ligne droite, & d'un point donné en icelle, élever une perpendiculaire.

SOit la ligne donnée A B, & le point donné C.

Plantez un piquet au point C, & deux autres comme E, D, sur la même ligne en distance égale dudit point C; ayez un cordeau dont chaque bout soit noué de telle maniere qu'il y ait un petit anneau où l'on puisse faire entrer le haut des piquets; pliez ce cordeau en deux également, & faites une marque au milieu; passez enfin les anneaux qui sont à chaque bout du cordeau autour des piquets E & D, & tenant en main le milieu dudit cordeau tendu également, plantez en terre un piquet comme F, la ligne F C, sera perpendiculaire sur A B.

XI. *Planche.* Fig. 1.

Autrement: du point donné C, mesurez sur la ligne A B, de quel côté vous voudrez 4 pieds ou 4 toises, & plantez-y le piquet G. Ayez un cordeau qui contienne 8 pareilles mesures, c'est-à-dire, des pieds ou des toises. Mettez un des anneaux du cordeau autour du piquet C, & l'autre anneau autour du piquet G; puis ayant tendu ce cordeau en sorte que trois de ces parties soient du côté du point C, & les cinq autres du côté de G, plantez le piquet H, la ligne C H, sera perpendiculaire sur A B.

Fig. 2.

USAGE IV.

D'un point donné hors la ligne tirer une perpendiculaire.

SOit la ligne donnée A B & le point F donné hors la ligne.

Pliez le cordeau en deux parties égales, arrêtez le milieu au piquet F; étendez les deux moitiez que je suppose assez grandes pour que les bouts puissent atteindre la ligne A B; plantez deux piquets, savoir, un à chaque bout du cordeau, & divisez leur distance en deux également, ce qui se peut faire par le moyen d'un cordeau aussi long que la distance A B, que l'on pliera en deux, plantez le piquet C, au milieu, & la ligne C F, sera perpendiculaire sur A B.

Fig. 3.

USAGE V.

D'une distance donnée tracer une ligne parallele à une donnée.

Fig. 4. SOit la ligne donnée A B, à laquelle on propose de tracer une parallele distante de quatre toises.

Tracez par l'usage troisiéme deux perpendiculaires de quatre toises chacune, sur les deux points A & B plantez un piquet à chacune de leurs extremitez C & D, & par ces deux piquets tracez la droite C D, elle sera parallele à A B.

USAGE VI.

D'un point donné sur le bout d'une ligne tracer sur le terrain un angle semblable à celui d'un plan proposé.

Fig. 5. SOit A B C, l'angle d'un plan proposé auquel on en veut faire un semblable sur le terrain.

Du point B, comme centre, décrivez sur le papier l'arc A C, & tirez la droite A C, qui sera soutendante dudit arc. Mesurez sur une échelle, ou sur la ligne des parties égales d'un compas de proportion une des jambes égales dudit angle A B ou B C. Mesurez aussi sur la même échelle la soutendante A C, laquelle je suppose par exemple, contenir trente-six parties égales à celle dont la jambe A B en contient trente.

Soit sur la terre une ligne droite comme B C, sur laquelle il faut tracer une autre ligne F B, qui fasse un angle semblable au proposé. Plantez un piquet au point B, & ayant mesuré trente pieds ou cinq toises le long de la ligne B C, plantez-y un autre piquet, comme D; ayez deux cordeaux, l'un de trente pieds de long que vous attacherez par un anneau au piquet B, & l'autre de trente-six pieds, que vous attacherez aussi par un anneau au piquet D. Tendez ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent par leurs extremitez au point F, où vous planterez encore un piquet, d'où vous tracerez la ligne F B, laquelle formera au point B, l'angle semblable au proposé avec la ligne B C; & ainsi de l'autre.

USAGE VII.

Designer sur le papier un angle semblable à celui que font deux lignes sur la terre.

Fig. 5. CEtte proposition est la converse de la precedente.

Soit proposé sur la terre l'angle F B C, formé par les deux côtez d'une terre labourable, auquel on veut en faire un semblable sur le papier. Mesurez de B vers C trente pieds ou cinq toises, & plantez un piquet D au bout; mesurez de B vers F trente pieds, & plantez-y un autre piquet; mesurez aussi la ligne droite qui fait la distance des deux piquets

FD, que je ſuppoſerai de trente-ſix pieds, comme en l'exemple de l'uſage precedent.

Soit ſur le papier la ligne BC : du point B comme centre & d'une ouverture de trente parties égales, priſes ſur une échelle, décrivez l'arc AC ; prenez avec le compas ſur la même échelle trente-ſix parties égales, portez cette ouverture ſur l'arc A C, en poſant une des pointes du compas ſur le point C. L'autre jambe marquera ſur ledit arc le point par lequel ſe doit tirer la ligne BA.

Si de plus on veut ſavoir la valeur dudit angle, on connoîtra par le moyen d'un rapporteur qu'il eſt peu moins de ſoixante & quatorze degrez.

On pourra connoître plus préciſément en degrez & minutes la valeur des angles dont on aura meſuré les baſes ou ſoutendantes par la table ſuivante. Elle eſt calculée pour des angles toujours compris par deux côtez égaux de trente pieds chacun.

L'uſage de cette table eſt très-facile pour connoître la grandeur de tous les angles plans ſur le terrain.

Meſurez trente pieds ſur chacune des lignes qui forment l'angle, & plantez un piquet ſur chaque ligne où finiſſent les trente pieds ; meſurez enſuite la baſe de l'angle qui eſt la ligne droite étendue entre les deux piquets, que je ſuppoſe être de trente-ſix pieds comme en l'exemple précedent, cherchez dans ladite table en la colonne des baſes trente-ſix pieds, & vous trouverez vis-à-vis en la colonne des angles ſoixante & treize degrez, quarante-quatre minutes pour la valeur dudit angle.

TABLE DES ANGLES PLANS

toujours compris par deux côtez de trente pieds.

Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.
2	0	19	2	6	3	2	11	48	2	17	34	2	23	24
4	0	38	4	6	22	4	12	8	4	17	54	4	23	44
6	0	57	6	6	41	6	12	27	6	18	13	6	24	3
8	1	8	8	7	0	8	12	46	8	18	32	8	24	23
10	1	36	10	7	20	10	13	5	10	18	52	10	24	42
1	1	55	4	7	39	7	13	24	10	19	11	13	25	1
2	2	14	2	7	58	2	13	43	2	19	30	2	25	21
4	2	33	4	8	17	4	14	2	4	19	50	4	25	41
6	2	52	6	8	36	6	14	22	6	20	19	6	26	1
8	3	11	8	8	55	8	14	41	8	20	29	8	26	20
10	3	30	10	9	14	10	15	0	10	20	48	10	26	40
2	3	49	5	9	34	8	15	20	11	21	8	14	26	53
2	4	8	2	9	53	2	15	39	2	21	27	2	27	18
4	4	28	4	10	12	4	15	58	4	21	46	4	27	38
6	4	47	6	10	31	6	16	18	6	22	6	6	27	58
8	5	6	8	10	50	8	16	37	8	22	25	8	28	18
10	5	25	10	11	9	10	16	56	10	22	45	10	28	38
3	5	44	6	11	29	9	17	15	12	23	6	15	28	57
B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.	
2	29	17	2	35	15	2	41	19	2	47	30	2	53	51
4	29	37	4	35	35	4	41	40	4	47	51	4	54	12
6	29	56	6	35	55	6	42	0	6	48	12	6	54	34
8	30	16	8	36	15	8	42	20	8	48	33	8	54	55
10	30	36	10	36	35	10	42	40	10	48	54	10	55	16
16	30	56	19	36	55	22	43	1	25	49	15	28	55	38
2	31	16	2	37	15	2	43	22	2	49	36	2	56	0
4	31	36	4	37	36	4	43	42	4	49	57	4	56	22
6	31	56	6	37	56	6	44	3	6	50	18	6	56	43
8	32	16	8	38	16	8	44	24	8	50	39	8	57	5
10	32	35	10	38	36	10	44	44	10	51	0	10	57	26
17	32	55	20	38	56	23	45	5	26	51	21	29	57	48
2	33	15	2	39	17	2	45	26	2	51	42	2	58	10
4	33	35	4	39	38	4	45	46	4	52	3	4	58	32
6	33	55	6	39	58	6	46	7	6	52	24	6	58	54
8	34	15	8	40	18	8	46	28	8	52	46	8	59	16
10	34	35	10	40	38	10	46	48	10	53	8	10	59	38
18	34	55	21	40	59	24	47	9	27	53	29	30	60	0

TABLE

TABLE DES ANGLES PLANS
toujours compris par deux côtez de trente pieds.

Bases.	Angles. D. M.	Bases.	Angles. D. M.	Bases.	Angles. D. M.	Bases.	Angles. D. M.	Bases.	Angles. D. M.
2	60 22	2	67 7	2	74 8	2	81 30	2	89 18
4	60 44	4	67 30	4	74 32	4	81 55	4	89 45
6	61 6	6	67 53	6	74 56	6	82 20	6	90 12
8	61 28	8	68 16	8	75 20	8	82 46	8	90 39
10	61 50	10	68 39	10	75 44	10	83 12	10	91 6
31	62 13	34	69 2	37	76 9	40	83 37	43	91 33
2	62 35	2	69 25	2	76 33	2	84 3	2	92 1
4	62 58	4	69 48	4	76 57	4	84 29	4	92 29
6	63 20	6	70 12	6	77 22	6	84 54	6	92 56
8	63 43	8	70 35	8	77 46	8	85 20	8	93 24
10	64 5	10	70 59	10	78 9	10	85 46	10	93 52
32	64 28	35	71 22	38	78 35	41	86 13	44	94 20
2	64 50	2	71 46	2	79 0	2	86 39	2	94 48
4	65 13	4	72 10	4	79 25	4	87 5	4	95 16
6	65 36	6	72 33	6	79 50	6	87 32	6	95 20
8	65 58	8	72 56	8	80 15	8	87 58	8	96 13
10	66 21	10	73 20	10	80 40	10	88 25	10	96 42
33	66 44	36	73 44	39	81 5	42	88 51	45	97 11

B.	Angles.	B.	Angles.	B.	Angles.	B.	Angles.	B.	Angles.
2	97 40	2	106 48	2	117 2	2	129 3	2	144 39
4	98 9	4	107 20	4	117 39	4	129 48	4	145 43
6	98 38	6	107 52	6	118 16	6	130 33	6	146 48
8	99 8	8	108 25	8	118 53	8	131 19	8	147 57
10	99 37	10	108 57	10	119 31	10	132 6	10	149 8
46	100 6	49	109 30	52	120 9	55	132 53	58	150 20
2	100 36	2	110 4	2	120 47	2	133 44	2	151 36
4	101 6	4	110 37	4	121 26	4	134 30	4	152 55
6	101 36	6	111 11	6	122 6	6	135 20	6	154 19
8	102 7	8	111 44	8	122 45	8	136 11	8	155 48
10	102 37	10	112 18	10	123 25	10	137 3	10	157 22
47	103 8	50	112 53	53	124 6	56	137 57	59	159 3
2	103 39	2	113 28	2	124 47	2	138 49	2	160 53
4	104 10	4	114 3	4	125 28	4	139 44	4	162 54
6	104 41	6	114 38	6	126 10	6	140 40	6	165 12
8	105 12	8	115 14	8	126 52	8	141 38	8	1ʻ7 48
10	105 44	10	115 49	10	127 35	10	142 36	10	171 28
48	106 16	51	116 26	54	128 19	57	143 36	60	180 0

Il faut remarquer que dans la colonne des bases les pouces n'y sont marquez que de deux en deux, & les pieds y sont marquez d'un en un. L'on trouvera toujours avec autant de facilité que de justesse l'ouverture & la valeur de tous les angles ; car supposant, par exemple, que votre base soit de la longueur de 50 toises 3 pouces, & les deux autres côtez toujours de 30 pieds, vous chercherez dans la colonne des bases le nombre de 50 pieds 3 pouces, & vous trouverez vis-à-vis dans la colonne des angles 113 degrez & 44 minutes pour la valeur de l'angle requis, en gardant les proportions des minutes & des pouces, comme on fait en cet exemple.

En réduisant ce nombre de pieds par le moyen d'une échelle bien divisée sur du cuivre, l'on mesurera les mêmes angles sur la carte & sur le papier avec autant de justesse que les cordeaux sur la terre ; d'autant qu'aux triangles équiangles les côtez sont proportionels entre eux.

Cette methode de mesurer les angles plans peut aussi servir à construire les desseins de fortification des places, tant regulieres que irregulieres, pour en connoître l'ouverture des angles, tant des bastions que du polygone formé par les rencontres des lignes des bases, ou côtez exterieurs, tant sur le papier que sur la terre.

Pour tracer les angles, cherchez dans la table le nombre des degrez & minutes que vous aurez à tracer, par exemple, de 54 degrez 34 minutes, & après l'avoir trouvé prenez à côté dans la colonne des bases, le nombre des pieds & pouces qui lui répond à savoir 28 pieds & 6 pouces pour la mesure de la longueur de la base de l'angle toujours compris par les deux autres côtez du triangle de 30 pieds chacun ; & ainsi des autres.

USAGE VIII.

Pour lever le plan d'une place dans laquelle on peut entrer.

Fig. 6.

SOit la place ABCDE, de laquelle on veut lever le plan.

Faites premierement sur votre papier une figure à peu près semblable à votre plan, & après avoir mesuré avec la toise sur le terrain les côtez AB, BC, CD & DE, écrivez les mesures trouvées sur chacune des lignes qui leur correspondent sur le papier ; ensuite au lieu de mesurer les angles qui font les côtez de la place, mesurez les diagonales comme sont les lignes AD, BD, dont vous écrirez la valeur en nombre sur votre brouillon ; laquelle sera reduite en trois triangles dont tous les côtez sont connus, puisqu'ils ont été mesurez actuellement.

Vous remettrez au net ce brouillon par le moyen d'une échelle de parties égales qui en contienne autant que la plus longue ligne du plan.

De toutes les methodes de lever un plan, celle de le lever par dedans est la plus exacte & la moins sujete à erreur.

USAGE IX.

Pour lever le plan d'une place par dehors.

SOit proposé un bois ou un étang dont on veut lever le plan, comme feroit EFGHI. Fig. 7.

Faites-en d'abord le brouillon en vous promenant tout autour, si vous le pouvez faire sans perdre beaucoup de tems.

Mesurez avec la toise ou la chaîne tous les côtez qui font l'enceinte du lieu proposé, & marquez-en les nombres sur chacune des lignes de votre brouillon ; mais pour les angles, vous les mesurerez par la methode ci-jointe.

Pour mesurer, par exemple, l'angle EFG, prolongez en bornayant le côté EF, de 5 toises, & plantez un piquet à l'extremité K; prolongez également le côté GF, & plantez un piquet à l'extremité L. Mesurez avec la toise la distance LK, & supposant qu'elle soit de 6 toises 4 pieds, c'est-à-dire, 40 pieds, marquez ce nombre sur la ligne LK de votre brouillon; par ce moyen vous aurez les trois côtez du triangle isoscelle LFK, qui serviront à vous faire connoître l'ouverture de l'angle LFK, soit par la table ci-devant ou autrement. Or cet angle est égal à son opposé par la pointe EFG, & si l'on cherche dans la table 40 pieds en la colonne des bases, on trouvera que cet angle est de 83 degrez 37 minutes.

Vous mesurerez de même l'angle FGH, & tous les autres de la figure, ou bien de cette autre maniere; prolongez en bornayant le côté HG, de 5 toises de G en N, où vous planterez un piquet ; mesurez le long du côté GL, de G en M, 5 toises, au bout desquelles vous ferez une marque en y plantant un piquet ou autrement. Mesurez exactement la distance MN, laquelle je suppose pour exemple de 6 toises 2 pieds, ou de 38 pieds, que vous écrirez sur la ligne MN de votre brouillon.

Ce nombre cherché dans la colonne des bases, qui correspond à 78 degrez 35 minutes pour l'angle exterieur MGH, dont le complément 101 degrez 25 minutes est la valeur de l'angle de la figure FGH, parce que deux angles de suite valent autant que deux angles droits.

Vous remettrez ensuite votre brouillon au net avec une échelle de parties égales, tant pour marquer la longueur des côtez que celle des bases de tous les angles que l'on peut avoir exactement, sans se mettre en peine de leur valeur en degrez & minutes.

USAGE X.

Pour tracer sur la terre tout polygone regulier sur une ligne donnée.

SOit pour exemple la ligne donnée AB, sur laquelle on propose de tracer un triangle équilateral. Fig. 8.

Mesurez sur cette ligne du point A allant vers B, 30 pieds, & plantez-y un piquet D; ayez deux cordeaux mesurez de 30 pieds chacun, dont vous en attacherez un au piquet D, & l'autre au piquet A, & les tendez également jusqu'à ce qu'ils se joignent par les deux autres bouts au point C, où vous planterez un autre piquet.

Faites la même chose à l'autre extremité B, de la ligne donnée, & prolongez les lignes jusqu'à ce qu'elles se joignent pour former le triangle équilateral & équiangle A B E.

S'il s'agit de tracer sur la terre un quarré parfait sur la ligne donnée A B.

Fig. 9. Elevez sur chaque extremité A & B une perpendiculaire par l'usage troisiéme.

Prolongez ces perpendiculaires pour les faire égales à la ligne donnée, plantez des piquets à leurs extremitez C & D, & tracez la ligne C D, qui achevera le quarré proposé.

S'il faut tracer un pentagone sur la ligne donnée A B.

Fig. 10. Souvenez-vous que les angles formez par les côtez d'un pentagone regulier sont de 108 degrez chacun, comme nous l'avons expliqué ci-devant en l'usage troisiéme du rapporteur, & en la section troisiéme de la ligne des polygones du compas de proportion; c'est pourquoi cherchez dans la table des angles plans compris par deux côtez de 30 pieds dans la colonne des bases, le nombre qui correspond à 108 degrez ou le plus approchant, vous trouverez 48 pieds 6 pouces & quelque peu plus; car ce nombre correspond à 107 degrez 52 minutes, qui est moindre de 8 minutes que 108 degrez; c'est pourquoi on peut prendre 48 pieds 6 pouces & demi pour ladite base.

Suivant cette methode, mesurez sur la ligne donnée, du piquet A vers B, 30 pieds, & plantez un piquet au point C, où se termine ladite mesure. Ayez deux cordeaux mesurez, l'un de 30 pieds, que vous attacherez par un de ses bouts au piquet A, & l'autre de 48 pieds 6 pouces & demi que vous attacherez de même au piquet C, tendez également ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent au point E, où vous planterez un piquet, & vous aurez par ce moyen un angle de 108 degrez; prolongez la ligne A E, pour la tracer égale à A B, faites la même chose à l'autre extremité B de la ligne donnée, & par ce moyen vous aurez déja trois côtez du pentagone A B, A G, B D, que vous acheverez par la même méthode.

Si le pentagone n'est pas trop grand, on peut l'achever par le moyen de deux cordeaux égaux au côté donné, en attachant l'un au piquet D, & l'autre au piquet G; car si vous les tendez également, ils formeront les deux autres côtez du pentagone en se joignant au point H.

Vous pourrez par la même méthode tracer sur le terrain tout autre polygone regulier ou irregulier, en cherchant dans la susdite table le nombre des pieds & pouces qui correspond à l'angle du polygone que l'on veut tracer.

USAGE XI.

Connoître la distance de deux objets inaccessibles de l'un à l'autre, chacun étant accessible en particulier.

Fig. 11. ON demande, par exemple, la distance en ligne droite de la tour A, au moulin B.

Plantez le piquet C en une place d'où il soit facile de mesurer la distance en ligne droite jusqu'aux lieux A & B.

Mesurez exactement ces distances, comme par exemple de C en A, que je suppose de 54 toises; prolongez la ligne A C, jusqu'en D, d'une quantité égale, c'est-à-dire de 54 toises; mesurez pareillement la ligne B C, que je suppose de 37 toises, & la prolongez jusqu'en E, d'une quantité égale, c'est-à-dire, de 37 toises; vous formerez par ce moyen le triangle C D E égal & semblable au triangle A B C, & par consequent la distance D E sera égale à la distance proposée inaccessible de A en B.

USAGE XII.

Connoître la distance de deux objets, dont un seulement est accessible.

Fig. 12.

SOit proposé pour exemple à trouver la largeur d'un fossé ou du lit d'une riviere A B; étant sur un des bords au point A : plantez-y le piquet A C, de 4 à 5 pieds de haut & bien perpendiculaire; faites à l'extremité C du piquet une petite fente pour y faire entrer une lame d'un morceau de cuivre ou d'acier bien droit qui puisse hausser ou baisser, long d'environ trois pouces, que vous hausserez ou baisserez jusqu'à ce que vous voïiez le point B, de l'autre côté de la riviere, en bornayant le long de ladite lame; ensuite tournez le piquet toujours perpendiculaire, en conservant la lame dans la même situation, & bornayez le long du bord de la riviere sur un terrain de niveau, en remarquant le point comme D, où se termine le rayon visuel. La distance A D, étant mesurée avec la chaîne, vous donnera la largeur de la riviere ou du fossé à laquelle elle est égale, comme il est facile de juger.

Cette proposition, toute simple qu'elle est, peut servir à connoître de quelle longueur on doit couper des branches d'arbres, pour faire un pont sur un fossé ou sur une riviere que l'on veut traverser.

USAGE XIII.

Fig. 13.

SOit proposé de tracer sur la terre une ligne droite du point A au point B, entre lesquels il y a un bâtiment ou autre obstacle qui empêche de continuer l'allignement.

Cherchez sur un terrain bien de niveau un troisiéme point comme C; duquel vous puissiez voir les piquets plantez aux points A & B; mesurez exactement la distance de C en A, & de C en B; prenez la moitié, le tiers ou toute autre partie égale de chacune de ces lignes; plantez-y des piquets comme en D, moitié de C B, & en E moitié de C A; tirez une ligne droite de D en E, laquelle vous prolongerez tant qu'il sera besoin, & tracez à cette ligne une parallele qui passe par les points A & B, par le moyen des piquets que vous planterez entre le point A & la maison, de même qu'entre ladite maison & le point B, tous en égale distance de la ligne D E, & ainsi vous continuerez l'allignement de A en B.

USAGE XIV.

Fig. 14.

SOit proposé à percer une bute de terre pour y faire une gallerie qui communique de A en B.

Tracez d'un côté une ligne droite comme D C, & de l'autre côté de

la bute une autre ligne droite comme F E, parallele à C D; du point A, tirez sur la ligne C D, la perpendiculaire A G, & en quelque autre point par delà la bute, tirez une autre perpendiculaire comme C H, égale à A G.

Du point B tirez sur E F la perpendiculaire B I, & en quelque autre point par delà la bute une autre perpendiculaire sur la même ligne, comme L M, égale à B I, en telle sorte que la distance I L soit égale à C G; tracez ensuite une ligne droite du piquet H au piquet M que vous prolongerez tant qu'il sera besoin, cette ligne sera parallele à la gallerie proposée à faire de A en B; c'est pourquoi on pourra planter en distance égale de cette parallele H M de côté & d'autre de la bute, tant de piquets que l'on voudra, comme O, P, Q, qui serviront à percer la bute de A en B.

Je parlerai encore de l'usage de ces instrumens, dans le petit traité de fortification, que je donnerai ci-après.

CHAPITRE II.

Contenant la description & l'usage de l'équerre d'arpenteur.

XII. Planche. Fig. A.

L'Equerre d'arpenteur est un cercle de cuivre d'une bonne épaisseur & & de 4, 5 ou 6 pouces de diametre. On le divise en quatre parties égales par deux lignes qui s'entrecoupent à angles droits au centre. Aux quatre extremitez de ces lignes & au milieu du limbe on y met quatre fortes pinules bien rivées dans des trous quarrez, & très-perpendiculairement fendues sur lesdites lignes, avec des trous au-dessous de chaque fente pour mieux découvrir les objets en campagne. On évuide ce cercle pour le rendre plus leger.

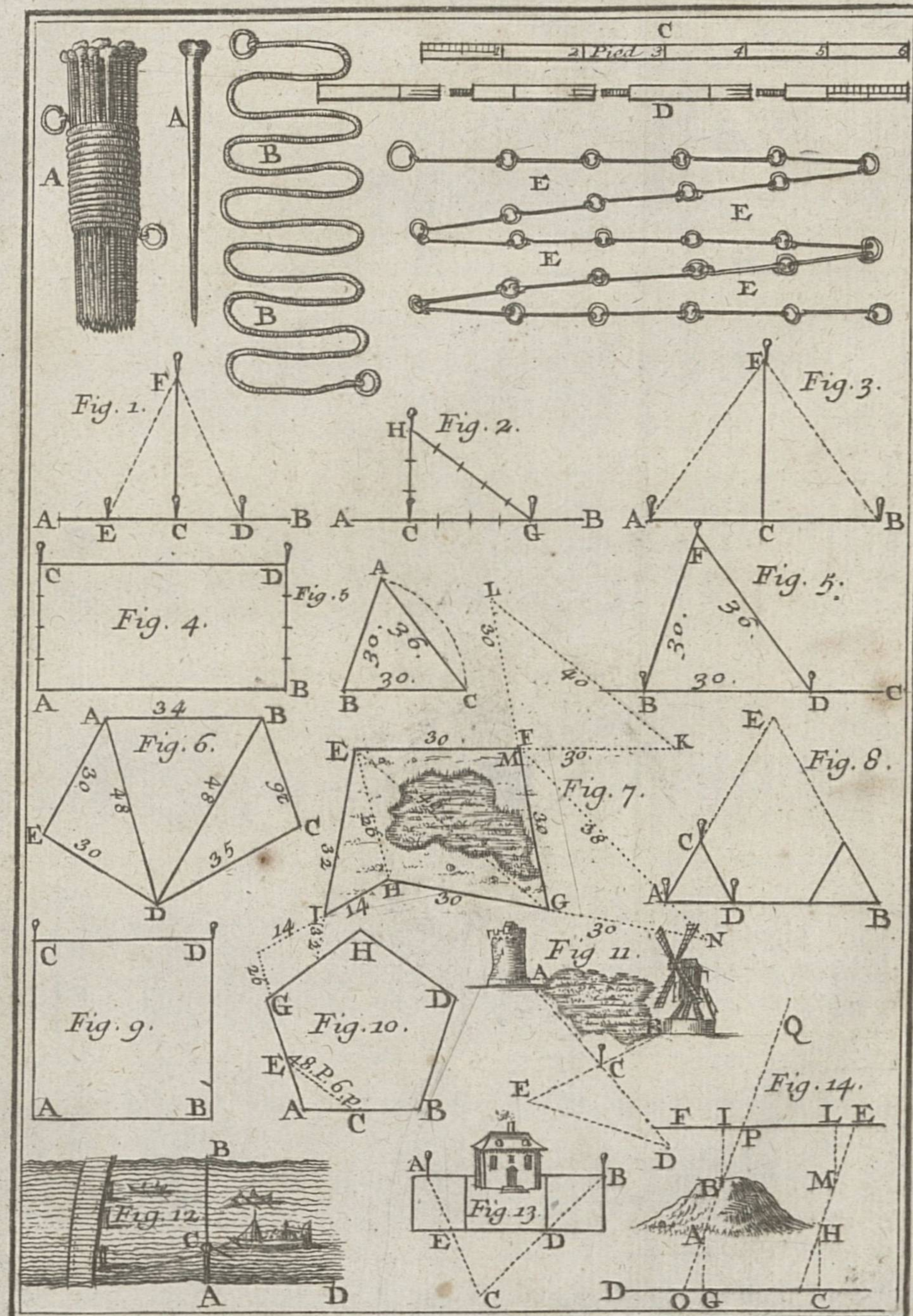
Au-dessous & au centre de l'instrument se doit monter à vis une virole qui sert à soutenir l'équerre sur son bâton de 4 à 5 pieds suivant la hauteur de l'œil de l'observateur. Ce bâton doit être garni d'un fer pointu par le bout qui entre en terre, & l'autre bout doit être arrondi pour que la virole y reste juste.

Fig. B.

Toute la précision de cet instrument consiste en ce que les pinules soient bien exactement fendues à angles droits; ce que l'on connoîtra facilement en bornayant un objet éloigné par deux pinules, & un autre objet par les deux autres pinules. Il faut ensuite tourner l'équerre bien juste sur son bâton, & regarder les mêmes objets par les pinules opposées; s'ils se rencontrent bien exactement dans l'alignement des fentes, c'est une marque de la justesse de l'instrument.

Pour éviter de fausser l'équerre, il faut premierement enfoncer en terre le bâton seul, & quand il est bien affermi, placer ladite équerre sur la virole par le moyen de sa vis.

On fait aussi de ces sortes d'équerre, où l'on met huit pinules de la même maniere que celle décrite ci-dessus; elles servent pour avoir les angles de 45 degrez; comme aussi aux jardiniers, pour aligner & planter les allées d'arbres en étoile.



On trouvera a la fin du livre dans les additions un vsage et des explications fort amples de la figure 7. de la presente planché, et un abregé de Trigonometrie qui rappelle plusieurs figures dispersées en differens en droit de ce traité

USAGE PREMIER

Pour lever le plan & faire la mesure d'un champ ou d'un pré dans lequel on peut entrer.

SOit proposé le champ A B C D E : plantez à tous les angles des piquets ou jallons bien à plomb, mesurez exactement la ligne A C, par parties, de la maniere que nous allons dire ci-après, ou telle autre qu'il vous plaira, mais d'où l'on puisse découvrir tous les piquets plantez aux angles. Fig. 14

Faites un brouillon ou mémorial sur une feuille de papier qui represente à peu près la figure du plan proposé, sur lequel vous écrirez toutes les mesures des parties de la ligne A C, & des lignes perpendiculaires tirées des angles, à la rencontre de la ligne A C.

Si, par exemple, vous commencez par le piquet A, cherchez le long de la ligne A C le point F, sur lequel tombe la perpendiculaire E F, mesurez les lignes A F, F E, & marquez leur longueur sur les lignes correspondantes de votre mémorial.

Pour trouver ce point F plantez plusieurs piquets à discretion le long de la ligne A C; plantez aussi le pied de votre équerre dans la même ligne, en sorte que par deux de ses pinules opposées, vous découvriez deux de ces piquets, & que par les fentes des deux autres pinules, qui font angle droit avec les deux premiers, vous puissiez voir le piquet E. Que si du premier coup vous ne découvrez pas ce piquet, approchez ou reculez du point A le pied de l'instrument jusqu'à ce que les lignes bornayées A F, E, fassent angle droit au point F, au moyen de quoi vous aurez le plan & la surface du triangle A F E.

C'est de la même maniere que vous trouverez le point H où tombe la perpendiculaire D H, laquelle vous mesurerez actuellement, aussi-bien que G F, & en marquerez les longueurs sur votre memorial afin d'avoir le plan & la surface du trapeze E F H D.

Mesurez ensuite H C faisant angle droit avec H D, vous aurez le plan & la surface du triangle rectangle D H C.

Ayant ainsi mesuré toute la ligne A C, il ne s'agit plus que de trouver sur cette ligne le point G où tombe la perpendiculaire B G, & de la mesurer, afin d'avoir le plan & la surface du triangle rectiligne A B C, au moyen de quoi vous aurez le plan du champ proposé A B C D E. Vous aurez aussi sa surface totale en ajoutant celles des triangles & trapeze qui en font les parties, & qui se connoîtront facilement par les regles de la planimetrie, de la maniere qui suit.

Supposons, par exemple, que A F soit de sept toises, & la perpendiculaire E F de dix, multipliant 7 par 10, le produit est 70, dont la moitié 35 sera la surface du triangle A F E.

Si de plus la ligne F H est de 14 toises, & la perpendiculaire H D de 12, ajoutant 12 avec 10, que contient la parallele F E, on aura 22, dont la moitié 11 étant multipliée par 14, produit 154 toises quarrées pour la surface du trapeze E F H D. Et si la ligne H C est de 8 toises, multipliant 8 par 12, le produit est 96, dont la moitié 48 fera la surface du triangle C H D.

Toute la ligne entiere A C est de 29 toises, & la perpendiculaire B G de 10 ; le produit est 290, dont la moitié 145 est la surface du triangle A B G. Enfin ajoutant les quatre sur fces partiales, 35, 154, 48 & 145, la somme 382 toises quarrées sera la surface totale du plan A B C D E, figure 1 de la planche 12.

USAGE II.

Pour lever le plan d'un terrain dans lequel il n'est pas facile d'entrer, comme pourroit être un bois, un étang, un marais, & autre chose de cette nature.

Fig. 2.

SOit proposé le marais E F G H I : plantez des piquets à tous les angles, faites en sorte de renfermer sa figure dans un rectangle, lequel vous mesurerez ; puis en soustrayant les triangles & trapezes qui se trouveront ajoutez autour de son plan, le reste sera la surface du terrain proposé.

Si, par exemple, vous commencez par le piquet E, prolongez avec votre équerre la ligne E F, tant qu'il est besoin, pour tracer sur son prolongement une perpendiculaire qui rencontre le piquet G, comme est ici la ligne K G ; plantez un piquet en K, & prolongez cette ligne jusqu'en L, c'est-à-dire, tant qu'il sera necessaire pour y tracer une perpendiculaire qui passe par le point H, comme la ligne L H, que vous prolongerez aussi tant qu'il sera besoin ; retournez ensuite au piquet E pour y tracer une autre perpendiculaire sur la ligne E F, laquelle étant prolongée rencontrera au point M la perpendiculaire L H ; ce qui étant fait vous aurez le rectangle E M L K, dont vous mesurerez les longueur & largeur avec votre chaîne ou une toise.

Supposons pour exemple, que la longueur E K, ou sa parallele M L qui lui doit être égale, soit de 35 toises, & que la largeur E M ou sa parallele L K, soit de 10 toises, multipliant ces deux nombres l'un par l'autre, vous aurez 350 toises quarrées pour la surface totale dudit rectangle.

Mais si le prolongement F K est de 5 toises, & K G de 4, multipliant 4 par 5, le produit est 20, dont la moitié 10 toises est la surface du triangle F K G. La ligne G L, étant de 6 toises, & L H de quatre, le produit de 4 par 6 est 24, dont la moitié 12 est la surface du triangle G L H.

Il faut ensuite trouver dans la ligne H M un point où tombe la perpendiculaire qui part du piquet I, laquelle formera un triangle & un trapeze : de sorte que si la distance H N est de 24 toises, & la perpendiculaire N I de 4 toises, le produit de 24 par 4 est 96, dont la moitié 48 est la surface du triangle H N I. Enfin N M étant de 7 toises, M E de 10, & sa parallele N I de 4 toises, ajoutant 10 & 4, la somme est 14, dont la moitié 7 multipliée par 7, fait 49 pour la surface du trapeze E M N I.

C'est pourquoi ajoutant ensemble les surfaces de ces trois triangles & celle du trapeze, on aura 119 toises, lesquelles étant ôtées de 350, qui est la surface totale du quarré long, restent 231 toises pour la surface du marais proposé E F G H I. On fera la même chose de toute autre figure. Ces deux usages font assez connoître la maniere dont les arpenteurs se servent de leurs instrumens pour lever les plans & mesurer toutes sortes de pieces de terre.

CHAP. III.

CHAPITRE III.

Contenant la construction & usages de differens recipiangles.

IL y a plusieurs sortes de recipiangles ou mesurangles, mais les meilleurs & les plus en usage sont ceux dont nous allons faire la description. *XII. Planche. Fig. A.*

Le recipiangle marqué A est composé de deux regles parfaitement égales en largeur : car il faut que les côtez interieurs de chaque regle soient bien paralleles aux côtez exterieurs. Leur largeur est d'environ un pouce, & leur longueur d'un pied ou plus. Ces deux regles sont arrondies par la tête également, & attachées l'une sur l'autre par le moyen d'un clou à tête artistement tourné, de sorte que l'instrument se puisse ouvrir & fermer facilement. Lorsqu'on a pris l'ouverture d'un angle, on met le centre d'un rapporteur à l'endroit où les deux regles se joignent, & les degrez du bord marquent l'ouverture de l'angle, ou bien on trace sur le papier l'ouverture que font les regles du recipiangle, & puis on la mesure avec un rapporteur.

Le recipiangle marqué B est fait comme le precedent, excepté qu'il y a deux pointes d'acier aux extremitez, afin qu'il puisse servir de compas. On le nomme ordinairement fausse équerre. *Fig. B.*

Le recipiangle marqué C est different des autres en ce qu'il marque l'ouverture des angles sans rapporteur. *Fig. C.*

Il est composé de deux regles de cuivre d'égale largeur & bien paralleles, longues de deux pieds ou environ, larges de deux ou trois pouces & d'une ligne d'épaisseur, jointes ensemble par un clou bien rond. Il y a de plus un cercle divisé en 360 degrez au bout d'une des regles & un petit index attaché fortement au clou, lequel à mesure que l'on ouvre ou ferme l'instrument, marque les degrez de son ouverture. Nous ne repetons pas ici la maniere de diviser le cercle, l'ayant expliqué suffisamment en parlant du rapporteur. On dira seulement qu'on commence toujours à compter les degrez du milieu de la regle où est le centre.

On fait encore de cette sorte de recipiangle en divisant un cercle sur la regle inferieure, & l'on lime la regle de dessus comme la tête d'un compas de proportion, de sorte qu'en ouvrant l'instrument les deux épaulieres marquent les degrez de son ouverture.

Pour mesurer un angle saillant avec quelqu'un de ces trois recipiangles, on applique les côtez interieurs des deux regles sur les lignes qui forment l'angle. Et pour mesurer un angle rentrant, on applique les côtez exterieurs des mêmes regles le long des lignes qui forment ledit angle.

Le recipiangle marqué D est composé de quatre regles de cuivre, de largeur parfaitement égale, jointes ensemble par quatre clous ronds à tête tournée, lesquelles forment un parallelogramme équilateral. Au bout de l'une desdites regles il y a un demi-cercle de trois à quatre pouces de diametre, divisé en 180 degrez, & même en demi, si l'on veut, & c'est ce qui doit faire preferer ce recipiangle aux autres. L'autre branche qui passe sur le demi-cercle est prolongée jusques sur la division, afin d'y marquer l'ouverture des angles. *Fig. D.*

Ces regles se font d'un pied ou deux de longueur, de huit ou dix lignes de largeur & d'épaisseur convenable. Elles doivent être percées très-également en longueur, savoir celle où est le demi-cercle au point 2, où est son centre, & à l'autre bout au point marqué 1. Celle qui sert d'alidade doit être percée aux points marquez 2 & 3, & enfin les deux autres regles, chacune à leurs extremitez, au point marqué 4. La regle qui sert d'alidade doit être attachée au centre & dessus le demi-cercle; les deux autres regles, qui sont d'une même longueur, doivent être attachées par dessous les deux autres; le tout de maniere que leur mouvement soit bien uniforme.

Quand on veut mesurer un angle saillant avec ce recipiangle, on fait passer les deux regles égales par dessous les deux autres, afin que les quatre regles n'en fassent que deux, pour embrasser l'angle; mais quand on veut mesurer un angle rentrant, on retire ces deux regles en dehors, comme elles sont à présent, & on les applique dans l'enfoncement de l'angle; & comme en tout parallelogramme les angles opposez sont égaux, on en connoît l'ouverture par les degrez du demi-cercle opposé.

Usage du recipiangle.

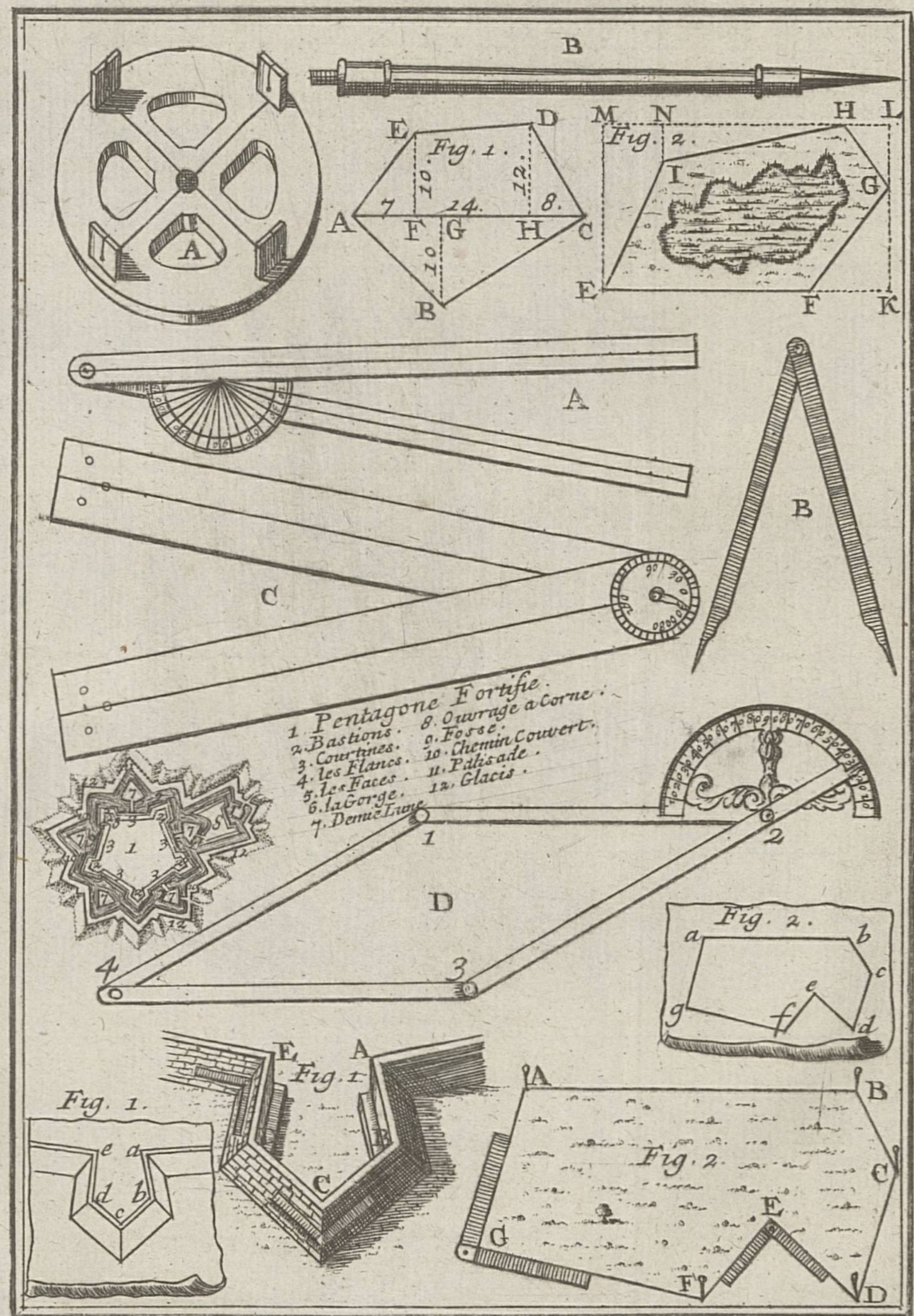
Fig. 1. POur lever le plan d'un bastion, comme par exemple de celui cotté A B C D E, tracez un brouillon sur une feuille de papier, mesurez avec le recipiangle rentrant l'angle E, formé d'une courtine de la place & du flanc du bastion proposé, en l'appliquant horizontalement, de sorte qu'une des regles soit dans l'alignement de ladite courtine, & l'autre regle dans l'alignement du flanc; & ayant reconnu sa valeur en degrez, marquez-la sur votre memorial dans un petit arc, pour faire connoître que c'est la cotte d'un angle. Faites ensuite mesurer la longueur du flanc E D, que vous marquerez le long de la ligne *e d*, de votre brouillon; embrassez avec les regles de votre recipiangle l'angle saillant D, de l'épaule, & cottez sa valeur dans un petit arc; faites mesurer la longueur de la face gauche C D; mesurez avec le recipiangle l'ouverture de l'angle flanqué C, & ensuite celle des autres angles du bastion, de même que la longueur de ses faces & flancs; après quoi il sera facile de le remettre au net par le moyen d'une échelle de parties égales & d'un rapporteur.

Mais comme il se rencontre souvent que les angles, qui d'ordinaire sont de pierre de taille, ont été mal taillez par la negligence des ouvriers, qui les font ou trop aigus ou trop obtus, pour y remedier on applique une longue regle sur chaque mur, dont l'alignement peut être bon, quoique l'angle soit mauvais, & posant de niveau sur ces deux regles les jambes du recipiangle, on aura plus exactement l'ouverture de l'angle à mesurer.

USAGE II.

Lever le plan d'un terrain dont l'enceinte soit de figure rectiligne.

Fig. 2. SOit proposé le plan A B C D E F G. Il faut d'abord en dessiner la figure à vue sur un memorial, mesurer exactement sur le terrain la longueur de tous les côtez, & les marquer à mesure sur les lignes relatives du memorial; prenez ensuite avec tel recipiangle que vous voudrez choisir l'ou-



B
Fig. 1.
Fig. 2.
A
C
D
1. Pentagone Fortifie.
2. Bastions.
3. Courtines.
4. les Flancs.
5. les Faces.
6. la Gorge.
7. Demie Lune
8. Ouvrage a Corne.
9. Fosse.
10. Chemin Couvert.
11. Palisade.
12. Glacis.
Fig. 1.
Fig. 2.

verture de chaque angle, comme par exemple de l'angle ſaillant A G F, l'enfermant avec les jambes du recipiangle, & marquez les degrez de ſon ouverture ſur l'angle relatif *a g f* du memorial; meſurez auſſi l'angle rentrant F E D, en mettant la tête du recipiangle dans le fond de cet angle, en ſorte que l'exterieur des branches joigne exactement les côtez du terrain qui forment l'angle, & marquez-en la valeur ſur l'angle relatif du memorial, & ainſi de tous les autres angles, dont ayant marqué les degrez, auſſi-bien que la longueur de toutes les lignes meſurées ſur le terrain, on le remettra au net, & par ce moyen on aura le plan ſemblable *a b c d e f g*. Figure 2. On peut par cette methode lever le plan d'une maiſon, en prenant les angles tant rentrants que ſaillants.

Sur la même planche on verra le plan d'un pentagone regulier fortifié avec les noms des parties de ſa fortification.

CHAPITRE IV.

Contenant la conſtruction & les uſages de differentes planchetes.

NOus commencerons par donner la conſtruction & les uſages de l'inſtrument univerſel qui ſert auſſi de planchete.

La figure premiere de la planche 13 eſt une planchete, qu'on nomme auſſi inſtrument univerſel, à cauſe que Mr Ozanam qui en eſt l'inventeur, pretend qu'avec cet inſtrument on peut faire toutes les operations de la géometrie pratique.

XIII. Planche. Fig. 1.

Il eſt de figure rectangulaire A B C D, & fait d'une plaque de laiton ou de quelque autre matiere ſolide dont la longueur A B ſoit d'environ 12 pouces, & la largeur B C ou A D de 8 pouces, on ajuſte ſur cette plaque 4 regles dont 3 ſont de 6 lignes de large, & celle qu'on nomme la baſe, doit avoir 9 à 10 lignes. Au milieu de cette regle, on trace une ligne qu'on nomme ligne de conduite, elle doit être diviſée en 200 ou 300 parties égales pour les opérations que nous dirons ci-après.

Au milieu de cette ligne au point L, eſt le centre des degrez d'un demi cercle, qui doivent être tracez ſur les trois autres regles; on voit bien que ces degrez ne peuvent pas être égaux étant tracez ſur un parallelogramme, & par conſequent les degrez des angles doivent être plus grands étant plus éloignez du centre.

Avant que d'arrêter ces quatre regles ſur la plaque, il faut en ajuſter trois autres par deſſous qui ſoient moins larges que les autres d'environ une ligne, afin de laiſſer un vuide pour y pouvoir couler quelque feuilles de papier ou de carton mince, par un des côtez comme B C, qui ſoit vuide par deſſous afin que ſur ce papier on puiſſe tracer les rayons qui ſe tirent le long de la ligne de foi de l'alidade, comme il ſera expliqué en ſon lieu. Toutes ces regles étant ainſi arrêtées ſur la plaque, doivent former en dedans & en dehors un parallelogramme parfait.

L'alidade doit être non-ſeulement mobile au tour de ſon centre; mais ce centre doit auſſi être mobile, & couler ſur la ligne de conduite, en ſorte qu'il puiſſe ſe mouvoir & s'arrêter à telle diviſion que l'on voudra, & c'eſt en cela que conſiſte la plus grande difficulté de l'inſtrument.

Pour le faire avec plus de justesse, il faut placer sous la base de l'instrument & precisement au-dessous de la ligne de conduite, une regle de la longueur de ladite base, d'environ quatre lignes de largeur, & de deux lignes d'épaisseur, il faut qu'il y ait deux biseaux également limez dans toute leur longueur, & arrêter cette regle avec des vis à têtes perdues, les biseaux en dessous.

Il faut ensuite avoir une piece de cuivre d'un pouce en quarré, & d'une ligne d'épaisseur. Aux deux bords opposez de ladite piece, on rivera deux pieces qu'on aura limé en biseaux par dessous, de maniere qu'elle coule bien juste au long de la regle à biseau : on y peut mettre aussi un ressort en dessous, j'ai expérimenté que cela fait un fort bon effet. Puis on ajuste un autre piece de laiton de la même grandeur que la précedente, d'une bonne ligne d'épaisseur, & qu'on ploye à équerre par un des côtez pour mettre sur la base de l'instrument ; & on attache cette piece avec deux vis vers ses extremitez à la coulisse de dessous, de maniere que ces deux pieces coulent bien juste & parallelement au long de la base de l'instrument.

Il faut ensuite percer cette piece de dessus d'une ouverture ronde de six à sept lignes de diametre, dont le centre reponde juste sur la ligne de conduite ; ensuite on attache l'alidade qui doit être percée au centre d'une pareille ouverture que la précedente, par le moyen d'une virolle ou clou tourné dont l'ouverture interieure soit de 5 à 6 lignes, & l'exterieure de la grosseur du trou de l'alidade & de la coulisse. On doit en tournant cette virolle réserver une épaisseur & une largeur convenable en dessus, pour en rivant l'alidade à la coulisse qu'elle tourne en tous sens ; on ajustera au point I, une lame d'acier mince qui traversera le diametre de l'ouverture du centre, qui fera angle droit à la ligne de conduite afin de placer le centre de l'alidade à telle partie qu'on voudra de la division de la ligne de conduite.

L'alidade doit avoir au moins la longueur de la diagonale du parallelogramme, & doit être divisée dans toutes sa longueur au bord de la ligne de foi depuis le centre de la même division de la ligne de conduite.

On place deux pinules aux extremitez juste de la ligne de conduite, il est mieux qu'on les place dessous l'instrument, parce qu'elles ne nuisent pas au rayon visuel de ceux de l'alidade. On en place deux autres vers les extremitez de l'alidade, mais il faut que les fentes & les filets repondent juste à la ligne de foi. Je trace derriere l'instrument une ligne perpendiculaire, pour y accrocher une soie avec son plomb pour servir de niveau ou pour prendre les hauteurs. On met un genou au-dessous & au milieu de l'instrument, & quelque fois une boussole pour orienter les plans, qu'on attache avec deux vis au bord exterieur de l'alidade. L'on pose aussi cet instrument sur un pied comme ceux dont je donnerai la description ci-après.

USAGE PREMIER

De l'instrument universel.

Fig. 2. SOit par exemple la distance de la tour A, à la chapelle B, à mesurer & qui soit inaccessible ; choisissez à volonté deux points éloignez entre eux autant que vous pourrez, & le plus proche de la ligne à mesurer A B

qu'il vous sera possible, afin que les rayons visuels se coupent moins obliquement, & de peur que les intersections ne se fassent pas hors du plan de l'instrument comme CE, dont la distance, exactement mesurée avec la chaîne, est de 200 pieds ou toises; & ayant arrêté le centre de l'alidade de l'instrument en un point commode de la ligne de conduite, comme en *c*, appliquez l'instrument en telle sorte que ce point *c* réponde perpendiculairement sur le point C, où vous y placerez un piquet, & la ligne de conduite sur la ligne CE, où il y aura aussi un piquet: & ayant tourné l'alidade & bornayé avec ses pinules, les deux extremitez A, B, de la ligne à mesurer, tirez sur la surface de l'instrument le long de la ligne de foi, les deux rayons visuels *c*F, *c*G, aux deux points de la tour & de la chapelle.

Après cela faites une seconde station, mais auparavant avancez le centre de l'alidade de deux cens parties de la ligne de conduite, pour les deux cens pieds de la ligne CE, de puis *c* en *e*, pour appliquer de nouveau l'instrument en telle sorte que ce point *c*, reponde juste au piquet E, & que par les deux pinules de la ligne de conduite, vous voïiez le piquet C: après quoi l'alidade étant pareillement tournée vers les mêmes extremitez A, B, de la ligne donnée, on tracera sur la surface de l'instrument, le long de la ligne de foi les deux rayons visuels *e*H, *e*I, qui couperont les deux premiers *c*F, *c*G, en deux points par où vous tirerez la droite *ab*, dont la longueur étant prise avec un compas, & portée sur la division de la ligne de conduite, donnera dans le nombre des parties égales qu'elle comprendra, le nombre des pieds ou toises de la distance proposée de la tour à la chapelle AB.

Il est à remarquer qu'en appliquant l'alidade sur les lignes *ea*, *eb*, on trouve sur la division de la ligne de foi, la valeur des lignes EA, EB, & de même en appliquant l'alidade sur les lignes *ca*, *cb*, on trouve sur les mêmes divisions de la ligne de foi, la valeur des lignes CA, CB. Ainsi vous voyez que par cette maniere on peut mesurer sur le terrain plusieurs lignes à la fois.

USAGE II.

Tracer un plan sur la terre.

Pour tracer un plan sur la terrain qui soit semblable à un plan decrit sur le papier comme *bcde*, placez ce plan sur la surface de l'instrument universel, & ayant choisi un endroit commode sur un terrain, où il n'y ait aucun empêchement comme en A, arrêtez le centre de l'alidade en un point de la ligne de conduite, comme en *a*, & l'instrument étant posé horisontalement sur son pied en telle sorte que le point *a*, reponde perpendiculairement sur le point A, & que la ligne de conduite soit tournée à droit ou à gauche, selon que vous trouverez à propos de tracer votre plan. Fig. 51.

Ensuite tournez l'alidade vers un des angles du plan proposé *bcde*, comme vers l'angle *b*, en sorte que la ligne de foi tombe précisement sur cet angle *b*, & remarquez sur les divisions de la même ligne de foi, de combien de parties égales ce point *b* est éloigné du point *a*, afin de compter sur la terre en ligne droite autant de pieds depuis A, jusques en B;

& le point B, representera le point *b* du plan proposé, où vous ferez planter un piquet.

Tournez en suite l'alidade vers l'angle *c*, & faites pour l'angle C, comme il a été fait pour l'angle *b*, pour avoir de la même maniere sur le terrain la representation de l'angle *c*, en C, où vous y ferez aussi placer un piquet. Et si vous en faites de même pour les angles *e d*, vous aurez sur la terre leurs representations aux points E D, & le plan proposé *b c d e*, se trouvera tracé sur le terrain & representé par le plan B C E D.

Si le lieu où l'on veut tracer le plan est empêché, comme si on vouloit tracer une fortification autour d'une Ville, il faudroit connoître les angles & les côtez du plan proposé, & faire sur le terrain les mêmes angles, & prendre les côtez d'autant de toises sur la terre qu'ils auront été trouvez sur le papier.

USAGE III.

Mesurer une hauteur.

Fig. 4.

PAr exemple mesurer la hauteur de la tour A B, que je suppose accessible, & le terrain parallele à l'horison. Faites sur ce terrain une station en quelque lieu commode & un peu éloigné de la tour comme en C, & mesurez la base B C, que je suppose de 200 pieds.

Cette preparation étant faite, placez l'instrument universel sur son pied, que son plan soit perpendiculaire à l'horison, par le moyen du plomb qu'on met sur la ligne qui est tracée derriere ledit instrument, arrêtez le centre de l'alidade au point *c*, éloigné du point *b* sur la ligne de conduite, de 200 parties égales, pour les 200 pieds de la distance C B, & que le point *c*, reponde juste sur le point C.

Après cela, élevez l'alidade vers le sommet de la tour A, en sorte que par les pinules vous voïiez le point A: Tirez sur la surface de l'instrument, le long de la ligne de foi, la ligne *c a*, qui donne le point *a*, sur le côté perpendiculaire de l'instrument, & prenez avec un compas la longueur de *b a*, & la portez sur la ligne de conduite *c b*, pour connoître le nombre des parties égales de cette ligne *b a*, & ce nombre vous fera connoître la hauteur de la tour A B, qu'on cherche.

Il est à remarquer que pour prendre les hauteurs avec cet instrument, il faut être éloigné de l'objet, un peu plus que cette hauteur, autrement la ligne *c a*, ne couperoit le côté perpendiculaire B D, qu'au dehors de l'instrument, de sorte qu'on ne pourroit pas avoir le point *a*, ce qui empêcheroit de connoître sans calcul la hauteur de la tour A B.

Comme l'instrument est toujours au-dessus du terrain de 4 à 5 pieds qui est à peu près la hauteur de l'œil de l'observateur, ainsi il faut ajouter ces 4 à 5 pieds, pour avoir toute la hauteur proposée au-dessus du terrain.

Je ne m'étens pas davantage sur les usages de cet instrument, M[r] Ozanam en a fait un petit traité particulier, dans lequel il lui donne un grand nombre d'usages. Je ne parle pas non plus de ces usages par raport à la trigonometrie qu'on fait avec les degrez qui sont au bord de l'instrument, ce sont les mêmes que ceux des demi-cercles dont je parlerai ci-après.

Description d'une autre sorte de planchete moins composée & de son usage.

CEtte planchete se fait d'une plaque de cuivre, ou de bois bien sec & bien droit, d'environ 12 à 15 pouces en quarré montée sur son genou & sur un pied à trois branches. On arrête une feuille de papier par le moyen d'un chassis qui s'emboète juste au tour de la planchete. On se sert pour tirer les rayons visuels, d'une regle ou alidade de cuivre de la longueur au moins de la diagonale de la planchete, & on y ajuste aux extremitez deux pinules à fente & à filets, & quelquefois une lunette d'aproche, & une boussole pour orienter les plans. On trace aussi sur cette regle plusieurs échelles de differentes grandeurs, pour rapporter sur le champ les longueurs & les distances. Il y a des personnes qui disent qu'ils se servent d'épingles qu'ils fichent sur la planchete quand elle est de bois, mais il n'y a aucune justesse ni facilité de s'en servir, car les épingles ne se placent que fort difficilement à plomb, & les fibres du bois les fait glisser à côté de l'endroit où ils devroient être. Je passe sous silence tous les autres inconveniens qui arrivent en se servant de cette methode.

XIII. Planche, Fig. 5.

Fig. 6.

Il est bon de dire ici, que pour faire de grandes operations avec cet instrument, il faut que la planche soit de deux pieds en quarré, & que les pinules soient environ de 3 à 4 pouces de hauteur, posées sur l'alidade, parce que la planchete étant placée horisontalement, lorsqu'il se rencontre sur le terrain des hauteurs ou des profondeurs, la hauteur des pinules est très utile dans ces operations ; on peut les ajuster à charniere, de maniere qu'elles se couchent sur l'alidade, & étant relevées on les arrête droit avec chacune une vis.

A l'égard de la lunete quand on y en met, il faut qu'elle soit ajustée sur l'alidade de maniere qu'elle soit bien parallele à la ligne de foi, & qu'elle soit un peu élevée sur l'alidade, afin qu'on puisse lui faire faire un mouvement de haut en bas suivant que le terrain le requiert ; ce mouvement se fait par le moyen d'une piece qui est attachée avec des vis au milieu de l'alidade : cette piece porte une charniere comme celle de la tête d'un compas ; au milieu de cette charniere, & à angle droit, est un cercle dans le quel passe juste le tuyau de la lunete. Aux extremitez de l'alidade sont attachées à vis deux pieces comme des pinules & qui sont évidées en quarré long de la largeur du corps du tuyau de la lunete ; on passe la lunete dans ces trois pieces, qui par ce moyen peut hausser ou baisser à telle hauteur qu'on souhaitera. La maniere de placer les verres & les filets qu'on pose dans le tuyau de la lunete, sera expliquée ci-après en parlant du demi-cercle à lunete.

On place ordinairement une petite boussole quarrée pour orienter les plans qu'on attache avec deux vis au bord exterieur de l'alidade. On ne se sert pas ordinairement de genou pour porter cette planchete, parce qu'elle est trop grande pour cela, nous faisons un pied particulier qui est d'un fort bon usage, la description en abregé que je vais en donner mettra assez au fait les personnes intelligentes. Ce pied est composé de trois branches de bois de 4 pieds 3 pouces de longueur : à la hauteur de trois pieds on y ajuste une piece triangulaire aussi de bois de trois pouces de large & de cinq pouces de hauteur, dans laquelle piece on fait une entaille

pour y placer à force une grosse vis triangulaire de cuivre, & qui sert à serrer les trois bâtons avec de gros écroux aussi de cuivre, la piece triangulaire de bois est entaillée vers le haut pour retenir les trois bâtons qui ont été percez à la hauteur de trois pieds pour entrer dans la vis triangulaire de cuivre, de maniere que les trois bâtons qui par le moyen des entailles ne peuvent pas s'ouvrir, que suivant lesdites entailles, demeurent stables; le haut des trois bâtons s'ouvre en même tems & proportionellement à leurs longueurs, & sont coupez par les bouts, de maniere que la planchete qu'on pose dessus soit bien à plat: on y met de petites pointes de cuivre afin que la planchete ne glisse point. Il est à remarquer que ces bâtons sont à pans, excepté à l'endroit où ils se joignent à la piece triangulaire de bois où ils sont plats par dessous pour être plus joints à ladite piece, & par dessus pour être plus serrez par les écroux. Au bas desdits bâtons sont trois virolles où il y a une pointe de fer pour retenir le pied sur la terre. La petite figure I de la planche 14 donnera suffisament l'idée de ce pied.

USAGE PREMIER.

Mesurer une largeur inaccessible, comme celle du marais A B.

Fig. 7.

PLacez la planchete sur son pied à quelque endroit commode, comme en C, d'où vous puissiez aller en ligne droite vers les points A & B; & d'un point comme C pris sur la planchete, dirigez la regle ou alidade avec ses pinules, savoir vers C A, puis tirez la ligne C D, sur la planchete, ensuite dirigez la regle vers C B, & tirez sur la planchete la ligne C E.

Mesurez avec la chaîne les longueurs C A, C B, supposons que C A, est de 36 toises & C B de 30, & y placez deux piquets, racourcissez proportionnellement sur la planchete par le moyen d'une échelle, les lignes C E, C D, en prenant 36 parties sur l'échelle avec un compas, & les portez de C en E, & 30 parties pour les porter de C en D, tirez la ligne D E, la longueur de cette ligne étant portée sur l'échelle le nombre des parties vous fera connoître combien il y aura de toises du piquet A au piquet B, qui est la largeur du marais (suivant la 58 du 2).

USAGE II.

Lever la situation de plusieurs villages.

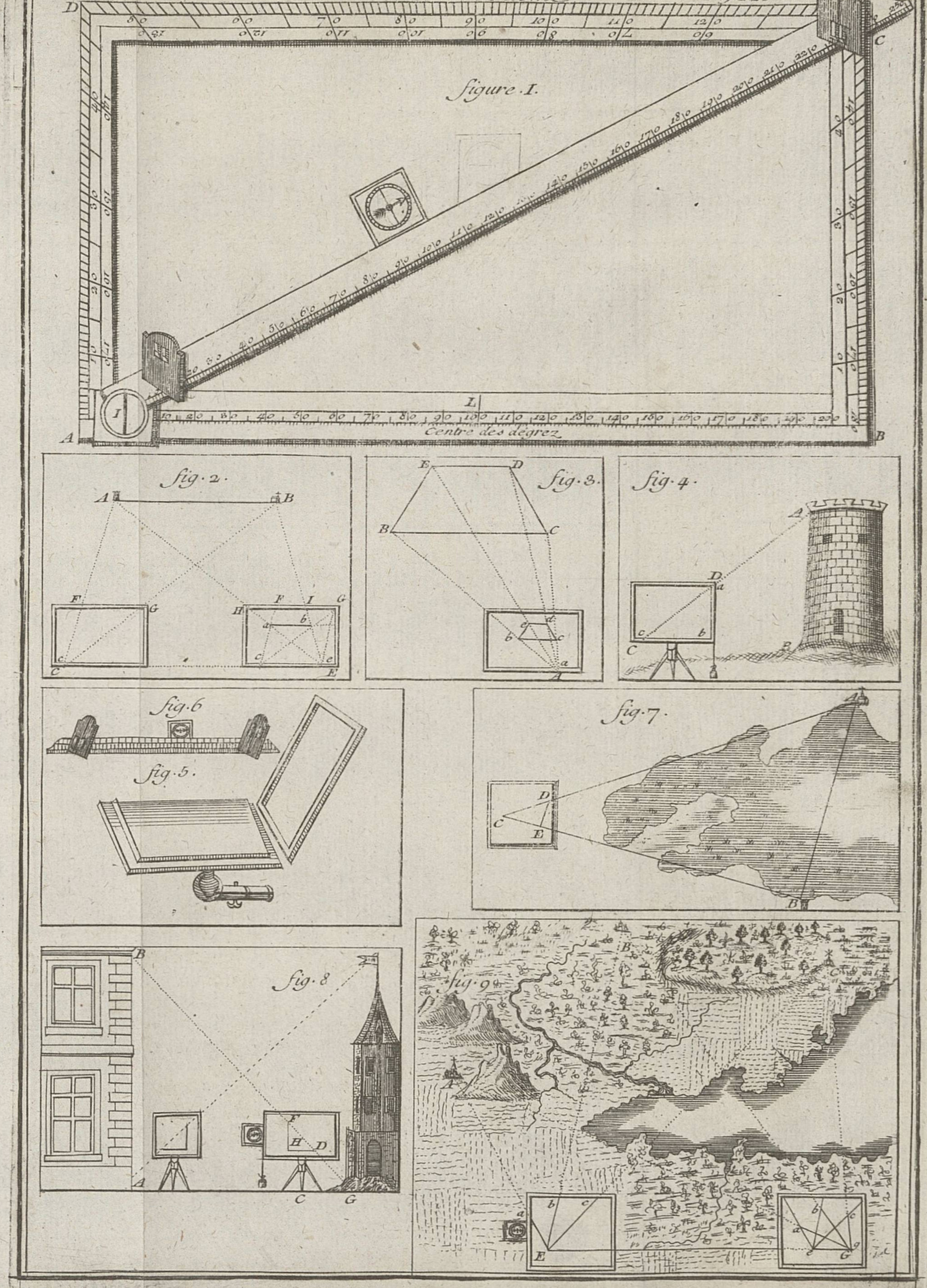
Fig. 9.

SOit par exemple les trois villages marquez A, B, C, choisissez un terrain où vous puissiez avoir une base de 4 à 500 toises, & que de ses extremitez E G, on puisse découvrir les trois villages proposez. A l'une des extremitez de cette base comme E, plantez-y un piquet, & du point E pris sur la planchete, dirigez les pinules de la regle vers les clochers ou lieux plus apparens de ces villages, & tirez des lignes ou rayons avec la regle sur la planchete, & un autre rayon vers le point G, où il y aura aussi un piquet.

De ce dernier rayon, faites un base sur la planchete que vous prendrez sur une des échelles qui reponde à celle que vous avez prise sur le terrain,

&

Planche Treizieme



& écrivez ſur chaque rayon le nom du village où il eſt dirigé.

Tranſportez la planchete au piquet G, & la tournez de maniere que la baſe *e g*, que vous avez tirée deſſus, ſe trouve au-deſſus de celle du terrain E G : puis du point G pris ſur la planchete, dirigez auſſi des rayons vers les villages A B C, & les points *a b c*, où ils couperont les rayons de la premiere ſtation, ſeront en diſtance avec leur baſe *eg*, comme les trois villages ABC avec leur baſe E G. Pour bien reuſſir dans ces operations, il faut en dirigeant les rayons viſuels que la planchete ſoit toujours bien de niveau.

USAGE III.

Meſurer la hauteur d'une tour, d'un clocher, ou d'un bâtiment qui eſt à plomb ſur un terrain bien de niveau.

Fig. 5.

SOit une tour ou le bâtiment A B. Poſez la planchete bien à plomb par le moyen d'une ligne perpendiculaire que l'on trace derriere, au haut de laquelle on pend un plomb avec ſa ſoie en quelque lieu commode, par exemple en C; tirez ſur cette planchete la parallele D H; du point D, tracez le rayon D F vers l'extremité du bâtiment B.

Prolongez ce rayon juſques ſur le terrain en G; meſurez le nombre des pieds ou toiſes qu'il y a entre la diſtance A & G, & prenez ſur votre échelle autant de parties que vous porterez ſur la parallele D H, depuis le point D, juſqu'en H : du point H, élevez la perpendiculaire H F, elle contiendra autant de petites parties de l'échelle que la ligne D H, que la hauteur A B, de la tour ou du bâtiment contiendra de pieds ou toiſes (ſuivant la 53 du 2.) Ces trois uſages ſuffiront pour mettre au fait de toutes les autres operations qu'on peut faire avec cet inſtrument.

Conſtruction & uſages de la planchete ronde.

XIV. Planche. Fig. A.

CEt inſtrument ſe fait de bois, de cuivre ou de toute autre matiere ſolide. Sa figure la plus ordinaire eſt la circulaire. On lui donne environ un pied de diametre. En ſon centre il y a un petit cilindre de cuivre élevé à plomb qui ſert de clou, autour duquel tourne une regle ou alidade garnie de deux pinules ou d'une lunete. Cette regle doit avoir une ligne droite appellée ligne de foi, qui réponde exactement au centre du clou, dont le haut doit être tourné en vis pour y recevoir un écrou qui ſerre la regle, à laquelle on attache une petite bouſſole pour orienter les plans.

Autour de la planchete il y a un cercle d'une épaiſſeur à contenir environ ſix cartons, & d'une largeur convenable à recevoir les diviſions de 360 degrez, & quelquefois les minutes de 5 en 5.

Il faut avoir pluſieurs cartons de la grandeur de la planchete percez dans le milieu, d'un trou égal à la groſſeur du pivot, on ſe ſert pour cela d'un emporte-piece à peu près ſemblable à celui des ceinturiers, de ſorte qu'on puiſſe enfiler tous ces cartons, & mettre la regle par deſſus. Il faut auſſi que l'on puiſſe arrêter le carton de deſſus par le moyen d'une petite pointe attachée au bord de la planchete, & qui entre un peu dans le carton.

On marque ordinairement ſur chacun de ces cartons un rayon ou demi-diametre à l'encre pour ſervir de ligne de ſtation.

Au-deſſous de la planchete on attache un genou, comme celui marqué D. Il eſt composé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de même métal, que l'on ſerre plus ou moins par le moyen d'une vis. La tige de ce genou, qui eſt une virole, s'emboète autour d'un pied à trois branches, qui s'écartent & ſe reſſerrent ſuivant l'inégalité du terrain.

La figure A de la planche 13 repreſente l'inſtrument tout monté. Nous allons donner la conſtruction des pieces qui le compoſent, en commençant par la diviſion de ſon bord ou limbe.

On y trace premierement deux ou trois circonferences pour y marquer les degrez avec les chifres de 10 en 10. On diviſe d'abord une de ces circonferences en quatre parties bien égales, dont chacune eſt de 90 degrez, que l'on diviſe en 3, & chacune encore en 3, & par ce moyen le cercle ſe trouve diviſé de 10 en 10 degrez. On ſubdiviſe ces parties en deux, & enfin chacune en 5, & tout le cercle ſe trouve diviſé en 360 degrez. On trace avec une regle à centre les lignes de ces diviſions dans les circonferences qui leur conviennent, puis on y marque les chifres de 10 en 10, en commençant par la ligne de foi de l'inſtrument, qui eſt celle où l'on attache les deux pinules fixes ou la lunete.

Une planchete ainſi diviſée eſt d'un uſage plus étendu que les ſimples planchetes dont le limbe n'eſt pas diviſé, car elle peut ſervir pour lever exactement les plans & meſurer les diſtances inacceſſibles, par la trigonométrie.

Les figures marquées B repreſentent les pinules qui ſe placent ſur les differens inſtrumens. Celle de laquelle on aproche l'œil a une fente longue & étroite, qui doit être bien perpendiculairement fendue avec une ſcie mince, & celle qui eſt tournée vers l'objet, a une ouverture quarrée aſſez large, afin de donner un grand champ pour appercevoir les environs de l'objet, & au milieu de cette ouverture il y a un filet de cuivre très-délié & limé bien droit, afin de couper verticalement l'objet & répondre juſte à la fente de l'autre pinule; mais afin que l'on puiſſe indifferemment approcher l'œil de telle pinule que l'on veut, afin d'obſerver auſſi-bien d'un côté que de l'autre avec l'inſtrument ſur lequel elle eſt poſée, on fait à chaque pinule une fente étroite & un filet délicat, l'une au-deſſus & l'autre au-deſſous, comme les petites figures le montrent. On fait auſſi le plus ſouvent un petit trou entre le filet & la fente. Ces pinules doivent être exactement poſées aux extremitez & dans la ligne de foi auſſi-bien des inſtrumens que des alidades; on les y attache, ſoit dans des petits quarrez avec un écrou au-deſſous, ou bien par le moyen de vis, ſuivant que la place le requiert.

La petite figure marquée C, repreſente le cilindre qui ſert de clou avec ſon écrou pour joindre l'alidade à la planchete: ceux des demi-cercles & autres inſtrumens ſont faits à peu près de la même maniere, excepté qu'on les rive par deſſous.

La figure marquée D, repreſente le genou pour porter les inſtrumens. Il eſt compoſé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de même métal, qui ſont fraiſées, bien rondes, avec des boules d'acier trempées & taillées en maniere de lime; ces coquilles ſont ſerrées plus ou moins

par le moyen d'une vis, & pressent aussi par ce moyen la boule qui est renfermée entre les deux coquilles, & dont une est soudée à une virole tournée dans laquelle s'emboète le pied de l'instrument; ce genou se fait de differente grosseur, suivant la grandeur des instrumens, & on les y attache avec des vis & une plaque qui est rivée au haut de la boule.

Usage de la planchete ronde.

POur lever la carte d'un pays, choisissez deux endroits éminens, comme sont, par exemple, l'Observatoire & la Salpetriere, d'où l'on puisse découvrir le pays proche de Paris, dont on veut faire la Carte; marquez autour du centre d'un de vos cartons le nom du lieu où vous prétendez faire cette premiere station, & ce carton étant arrêté par la pointe qui est au bord de la planchete, mettez l'alidade par dessus en la serrant suffisamment par le moyen de la vis & de son écrou. Fig. 1.

Posez la planchete sur son pied en lui donnant une situation à peu près horisontale, en sorte qu'elle demeure ferme quoiqu'on tourne l'alidade; & la supposant plantée à l'Observatoire, mirez par les pinules de la regle le clocher de la Salpetriere, & marquez le long de la ligne de foi depuis le centre, la ligne de station.

Tournez ensuite la regle alidade, pour observer par ses pinules quelque objet remarquable, comme par exemple, le clocher de Vaugirard, vers lequel il faut tracer une ligne sur le carton au long du côté de la regle qui répond au centre de l'instrument, & écrire le long de cette ligne le nom du lieu où vous avez miré.

Tournez encore la regle vers un autre objet, comme vers Mont-rouge, & faites la même chose vers tous les autres lieux considerables que l'on peut appercevoir de l'Observatoire.

Levez la planchete de la premiere station ayant bien remarqué sa place, & la transportez au lieu désigné, comme à la Salpetriere, faites mesurer exactement la distance entre les deux stations sur un terrain de niveau, dont vous marquerez le nombre des toises sur votre carton, lequel vous tournerez pour en avoir un blanc sous la regle, car il en faut changer autant de fois que l'on fait de stations differentes pour observer les angles de position des lieux. Marquez autour du centre de ce nouveau carton le nom du lieu de la seconde station, & sur la ligne de base, le nombre des toises mesurées, afin de vous souvenir que cette ligne est la même que celle du precedent carton. La planchete étant placée en ce lieu, disposez-la de maniere qu'en mettant la ligne de foi de la regle sur la ligne de station, vous découvriez par ses pinules le lieu de l'Observatoire où s'est faite la premiere station.

L'instrument demeurant ferme en cette situation, tournez la regle pour mirer l'un après l'autre les mêmes objets qui ont été vûs de l'Observatoire, & tracez de même sur le carton des lignes le long de la regle, depuis le centre vers les lieux que vous pourrez voir, en écrivant leur nom sur chaque ligne qui leur correspond.

Si l'on ne peut voir tous les lieux que l'on veut placer sur la carte, des deux stations precedentes, il faudra choisir quelque autre lieu d'où l'on puisse les observer, & faire autant de nouvelles stations qu'il sera necessaire

pour voir chaque objet remarquable de deux endroits ſuffiſamment éloignez l'un de l'autre.

Pour repreſenter cette carte ſur une feuille de papier, tracez-y une ligne droite longue à volonté, pour ſervir de baſe commune, & la diviſez en autant de parties égales que vous avez meſuré de toiſes ſur le terrain : d'une extremité de la ligne comme centre, décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracez ſur le premier carton ; de l'autre extremité décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracez ſur le ſecond carton, & prolongez les lignes juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent ; les points où ces lignes ſe couperont ſeront les points de poſition des lieux qui auront été obſervez.

On peut encore rapporter les ſtations plus facilement en poſant le centre du carton ſur le point, & marquer ſur le papier les extremitez des lignes du carton, & tirer des lignes depuis leurs ſtations.

Par le moyen de cette planchete on a tous les angles de poſition des lieux où l'on peut pointer les pinules ou lunetes, par rapport aux lieux où l'on a placé l'inſtrument, quand même on ne connoîtroit pas leur valeur en degrez.

Ce que nous venons de dire eſt ſuffiſant pour l'uſage de la planchete par rapport aux poſitions des lieux, pour la conſtruction des cartes de géographie, parce que les operations ſont les mêmes pour tous les differens endroits.

A l'égard de ſes uſages par rapport à la trigonométrie, ce ſont les mêmes que ceux du demi-cercle & du quart de cercle dont nous parlerons au ch. V.

Conſtruction des pieds à poſer les inſtrumens en campagne.

Nous avons parlé du pied ſimple pour porter les équerres d'arpenteur ; ceux dont nous allons donner la deſcription ſont faits pour n'être pas enfoncez en terre, mais s'étendre ou reſſerrer ſelon que l'inégalité du terrain le requiert.

Le pied marqué E, eſt compoſé d'une platine en triangle qui porte dans ſon milieu une tige qui entre dans la virole du genou.

Au-deſſous de la platine ſont attachées trois viroles ou douilles à charniere, comme des têtes de compas pour recevoir les trois bâtons ronds, d'une longueur convenable pour que l'œil de l'obſervateur ſoit environ vis-à-vis des pinules de l'inſtrument, quand il eſt monté ; les extrémitez de ces bâtons ſont garnies d'une virole de cuivre & d'une pointe de fer, afin de tenir ferme ſur la terre, & de reſiſter au mouvement que l'on donne aux inſtrumens quand on les veut tourner, élever ou abaiſſer.

Le pied marqué F, eſt fait de quatre bâtons de chêne ou de noyer d'environ deux pieds de long, & dont celui du milieu, que l'on nomme tige, a ſon extremité arrondie pour entrer dans la virole du genou. Le reſte de ce bâton eſt taillé en figure triangulaire, afin de recevoir ſur ſes trois faces les trois autres bâtons qui y ſont attachez par le moyen d'une vis en trois qui eſt attachée au bâton triangulaire, & de trois écrous pour le tenir ferme quand on l'ouvre, & pour s'en ſervir en campagne. Ces trois bâtons ſont garnis d'une virolle & d'une pointe de fer & ſont plats en dedans, & à trois faces en dehors.

Quand on veut porter ce pied on réunit tous les bâtons ensemble, de sorte qu'ils n'en font qu'un, & sont par ce moyen plus courts d'environ de la moitié que quand on s'en sert.

A l'un & à l'autre de ces pieds on acroche au milieu un fil avec son plomb qui tombe sur le terrain, pour marquer le point de station.

CHAPITRE V.

Contenant la construction & les usages du quart de cercle & du quarré géometrique.

LA figure marquée G, represente un quart de cercle & un quarré géométrique avec son alidade & ses pinules. *XIV. Planche.*

On le fait ordinairement de cuivre ou d'une autre matiere solide, de 12 à 15 pouces de rayon, d'une épaisseur raisonnable & bien dressée: sa circonference se divise premierement en 90 degrez, & chaque degré se subdivise en autant de parties égales qu'il est possible de le faire sans confusion, & de telle sorte que les divisions & subdivisions des degrez puissent être justes & bien distinctement marquées sur le bord de l'instrument. *Fig. G.*

Pour cet effet on décrit premierement deux circonferences sur le bord du quart de cercle, l'une intérieure, & l'autre extérieure, éloignées l'une de l'autre d'environ 8 ou 9 lignes, & après les avoir divisées en degrez, on tire des lignes transversales entre ces deux circonferences du premier degré au second, du second au troisiéme, & ainsi de suite, jusqu'au dernier.

Ensuite dequoi, si l'on veut subdiviser chaque degré de 10 en 10 minutes, on décrit du centre de l'instrument 5 autres circonferences concentriques qui coupent toutes les transversales; mais si l'on vouloit subdiviser chaque degré de 5 en 5 minutes, il faudroit décrire onze circonferences concentriques entre les deux extremitez.

Les distances entre ces circonferences ne doivent pas être tout-à-fait égales, à cause que l'étendue d'un degré prise dans la largeur du bord forme une espece de trapeze plus large vers la circonference extérieure, & plus étroite vers l'intérieure, ce qui fait que la circonference moyenne qui divise chaque degré en deux parties égales doit être un peu plus près de la circonference intérieure que de l'extérieure, & les autres à proportion.

Pour faire exactement ces subdivisions les transversales doivent être des lignes courbes comme BCD, que l'on décrit en faisant passer une portion de circonference par le centre du quart de cercle B, par le commencement du premier degré marqué D, sur le bord en la circonference intérieure, & par la fin du même degré C, en la circonference extérieure; ce qui est facile à executer par l'usage 18, du premier Livre qui enseigne à faire passer la circonference d'un cercle par trois points donnez; & par ce moyen on trouvera le point F pour centre de la transversale courbe qui passe par le premier degré. *Fig. H.*

On divise ensuite une de ces lignes courbes transversales en parties égales, & du centre de l'instrument on trace autant de circonferences concentriques qu'il en faut pour subdiviser chaque degré en autant de parties égales qu'il est possible de le faire sans confusion.

La raiſon de cette operation eſt que la tranſverſale courbe étant diviſée en parties égales, ſi du centre de l'inſtrument vous menez par tous les points de diviſion de cet arc des lignes droites, vous aurez audit centre autant d'angles égaux entre eux, puiſqu'ils ſeront tous dans la circonference d'un même cercle, & qu'ils s'appuieront tous ſur des arcs égaux; & les côtez de ces angles étant continuez, diviſeront le dégré en autant de parties égales.

Mais comme ce n'eſt pas une petite peine de trouver les centres de 90 arcs qui paſſent chacun par trois points ſemblables à B D C, & que d'ailleurs il eſt évident que tous les centres de ces arcs doivent être placez dans la circonference d'un cercle qui ait le point B, pour centre, puiſque tous ces arcs paſſent par le point B, il n'y a qu'à décrire un cercle du centre B & de l'intervale B F, & diviſer ſa circonference en 360 degrez, ſur leſquels poſant l'un après l'autre le pied immobile du compas, vous décrirez avec la même ouverture F B tous les arcs ſemblables à B D C entre les cercles A C, D E, & les arcs de cercle qui ſeront les tranſverſales diviſeront pareillement en degrez les circonferences qui ſont au bord de l'inſtrument. Il eſt à remarquer que la figure n'eſt diviſée que de 5 en 5 degrez, étant trop petite pour qu'elle pût être diviſée de degrez en degrez.

On peut encore tracer les tranſverſales courbes de cette autre maniere, ſans transferer le pied immobile du compas ſur tous les degrez l'un après l'autre: Tenez la pointe du compas immobile dans un ſeul & même point, comme F; mais en ce cas il faudra faire avancer par degrez l'inſtrument que vous voulez diviſer autour du centre d'un grand cercle déja diviſé par degrez, par le moyen d'une regle, laquelle lui ſera fortement attachée, & qui s'étend juſques ſur la diviſion du grand cercle.

Les ouvriers adroits pourront abreger leur travail en ajuſtant une regle d'acier mince, ſuivant la courbure de la premiere tranſverſale qu'ils auront tracée, & par ce moyen ils pourront tracer toutes les autres.

Si l'on veut tirer les tranſverſales en lignes droites d'un degré à l'autre, on peut trouver par le calcul de la trigonométrie rectiligne la longueur des rayons de chacune des circonferences qui coupent les tranſverſales, dont voici un exemple.

Je ſuppoſe un quart de cercle ayant ſix pouces de rayon, qui eſt un des plus petits que l'on ait coutume de diviſer par des tranſverſales. Je ſuppoſe auſſi une échelle de mille parties égales, & que la largeur du bord de ce quart de cercle entre la circonference intérieure & l'extérieure ſoit de 9 lignes, leſquelles correſpondent à 125 des mêmes parties égales, dont le rayon en contient mille; je trouve par le calcul que la tranſverſale droite, tirée d'un degré à l'autre qui ſuit, eſt de 126 des mêmes parties, & que le rayon de la circonference intérieure qui eſt de 5 pouces & 3 lignes, en contient 875.

L'angle obtus fait de ce rayon & de la tranſverſale eſt de 172 degrez 2 minutes, & calculant enſuite la longueur de chaque rayon des circonferences qui coupent les tranſverſales & qui les diviſent de 10 en 10 minutes, je trouve que le rayon de 10 minutes contient 894 des mêmes parties, au lieu de 896 qu'il contiendroit ſi l'on diviſoit la largeur du bord du quart de cercle en 6 parties égales. Le rayon de 20 minutes en doit contenir 913, au lieu qu'il en auroit 917. Le rayon de 30 minutes en doit

contenir 933, au lieu de 938. Le rayon de 40 minutes en doit contenir 954, au lieu de 959. Enfin le rayon de 50 minutes en doit contenir 977, au lieu de 980, qu'il auroit ſi l'on diviſoit la largeur du bord de ce quart de cercle en ſix parties égales.

La plus grande erreur qui eſt de cinq parties répond environ à un tiers de ligne, ce qui pourroit cauſer erreur de 2 minutes. Mais cette erreur diminue à proportion que le rayon du quart de cercle a de longueur comparé aux tranſverſales, de ſorte que l'erreur eſt moindre de moitié, ſi le rayon du quart de cercle étant d'un pied, la largeur du bord entre les deux circonferences extrêmes n'eſt que de 9 lignes.

Ce que nous venons de dire pour la diviſion du quart de cercle, ſe doit entendre de même pour les planchetes, le cercle, le demi-cercle, & & toutes portions de cercle que l'on veut diviſer en minutes.

A l'égard du quarré géométrique chaque côté ſe diviſe en cent parties égales, commençant par les extrémitez, afin que le centiéme nombre finiſſe à l'angle de 45 degrez. On diſtingue ces diviſions par de petites lignes de 5 en 5 & des chifres de 10 en 10. Toutes ces diviſions étant prolongées de part & d'autre, forment un petit treillis qui contient en ſa ſurface dix mille petits quarrez égaux.

Ce quart de cercle eſt garni de deux pinules immobiles, attachées à un de ſes demi-diametres, & d'un fil avec ſon plomb, ſuſpendu au centre, & d'une alidade mobile, avec deux autres pinules, laquelle eſt attachée au centre par le moyen d'un clou à tête, tourné à peu près comme celui de la planchete. Les pinules ſont preſque de la même façon que celle de la figure B.

Au lieu des pinules immobiles on attache quelquefois à un des rayons du quart de cercle une lunete de longue vue, & l'on cherche enſuite le premier point de diviſion de la circonference en la maniere qui eſt expliquée ci-après dans le traité du quart de cercle aſtronomique : car pour celui-ci nous le deſtinons principalement à meſurer ſur la terre les hauteurs & diſtances tant acceſſibles qu'inacceſſibles.

A la ſurface inferieure de ce quart de cercle on attache avec trois vis un genou, par le moyen duquel il peut être ſitué en toutes les poſitions convenables à ſes differens uſages. Ce genou eſt le même que celui marqué D.

Cet inſtrument ſe met en uſage en differentes ſituations ; car premierement il peut être diſpoſé en ſorte que ſon plan faſſe angles droits avec l'horiſon, afin de pouvoir obſerver les hauteurs & profondeurs ; ce qui ſe peut encore faire en deux manieres differentes, ſavoir, en ſe ſervant des pinules immobiles & du fil avec ſon plomb, & pour lors aucun de ſes demi-diametres ne ſe trouve parallele au plan de l'horiſon : ou bien en ſe ſervant des pinules attachées à l'alidade mobile, & pour lors il faut toujours qu'un des demi-diametres du quart de cercle ſoit parallele à l'horiſon, & que l'autre lui ſoit perpendiculaire ; ce qui ſe peut faire par le moyen du plomb ſuſpendu au centre, & pour lors les pinules immobiles ſont inutiles.

Enfin, ce quart de cercle ſe peut placer de maniere que ſon plan ſoit à peu près parallele à l'horiſon pour obſerver les diſtances horiſontales avec l'alidade mobile & les pinules immobiles, & pour lors le fil avec ſon plomb n'eſt pas d'uſage.

Usage du quart de cercle avec deux pinules immobiles & un plomb suspendu au centre.

PREMIEREMENT PAR LES DEGREZ.

POur observer les hauteurs, comme celle d'un astre au ciel, ou la hauteur d'une tour, placez le quart de cercle verticalement ; mettez l'œil sous la pinule immobile qui est vers la circonference du quart de cercle, & dirigez l'instrument de maniere que le rayon visuel passant par les ouvertures des deux pinules tende au point de l'objet proposé ; à l'égard du soleil il suffit qu'un de ses rayons passe par les deux petits trous qui doivent être percez au bas des pinules.

L'arc de la circonference compris entre le fil du plomb & le demi-diametre où sont attachées les pinules, marque le complément de la hauteur de l'astre sur l'horison ou sa distance du zénith : l'arc compris entre le fil & l'autre demi-diametre qui est vers l'objet marque sa hauteur sur l'horison.

Ce même arc détermine aussi l'ouverture de l'angle fait par le rayon visuel & la ligne horisontale parallele à la base de la tour.

Mais pour observer des profondeurs, comme celle d'un fossé ou d'un puits, il faut mettre l'œil au dessus de la pinule qui est vers le centre du quart de cercle.

Toute l'operation consiste à calculer des triangles par des regles de trois, formées de la proportion des sinus des angles à leurs côtez opposez, suivant les preceptes de la trigonometrie rectiligne, dont nous allons donner ici quelques exemples.

USAGE PREMIER

XIV. Planche. Fig. 2.

SOit proposé à connoître la hauteur de la tour AB, dont le pied est accessible.

Ayant planté le pied de votre instrument au point C, regardez le sommet de la tour A par les deux pinules immobiles ; le fil du plomb suspendu librement s'arrêtera sur le nombre des degrez qui détermine la valeur de l'angle qui se fait au centre du quart de cercle par le rayon visuel & la ligne horisontale, parallele à la base de la tour ; comptant les degrez compris entre le fil & le demi-diametre qui est du côté de la tour.

Supposé donc que ce fil soit arrêté sur 35 degrez 35 min. & qu'ayant mesuré exactement la distance du pied de la tour sur le terrain de niveau, avec la chaîne, jusqu'au lieu où s'est faite l'observation, on ait trouvé 47 pieds ; on aura trois choses connues, savoir, le côté mesuré BC, & les angles du triangle ABC ; car comme on suppose toujours les murs bâtis à plomb, l'angle B est droit ou de 90 degrez, & par consequent les deux angles aigus A & C valent ensembe 90 degrez puisque les trois angles de tout triangle rectiligne sont égaux à deux droits.

Or l'angle observé est de 35 degrez 35 min. donc l'angle A est de 54 degrez 25 min. ensuite dequoi vous formerez cette analogie ; le sinus de 54 degrez 25 min. donne 47, que donnera le sinus de 35 degrez 35 minutes.

Le

Le calcul étant fait on trouvera 33 pieds & demi, pour 4[me] terme de la regle de trois, auquel nombre ajoutant cinq pieds pour la hauteur du centre du quart de cercle, & qui est ordinairement la hauteur de l'œil d'un homme qui observe au-dessus du terrain, on aura 38 pieds & demi pour la hauteur de la tour proposée.

USAGE II.

Soit proposé à connoître la hauteur de la tour inaccessible D E.

Il faut en ce cas faire deux observations, comme je vais l'expliquer.

Placez le pied de votre quart de cercle au point F, & regardant le sommet de la tour D par les deux pinules immobiles, remarquez sur quel degré s'arrête le fil du plomb, que je suppose par exemple être arrêté sur 34 degrez; levez ensuite l'instrument avec son pied, à la place duquel vous planterez un piquet; reculez-vous sur un terrain de niveau pour placer une seconde fois le pied de l'instrument, comme au point G, en sorte que le piquet laissé au point F, soit dans le même alignement que la tour, & regardant par les deux pinules immobiles le sommet de ladite tour D, remarquez le point de la circonference du quart de cercle marqué par le fil du plomb, lequel je suppose par exemple, être 20 degrez; mesurez aussi très-exactement la distance entre les deux stations, laquelle je suppose 9 toises ou 54 pieds. Fig. 1.

Cela étant fait vous connoîtrez tous les angles du triangle D F G, & de plus le côté mesuré F G, & par ce moyen il sera facile de trouver le côté D F, ensuite le côté D E en faisant les analogies suivantes.

L'angle E F D étant trouvé de 34 degrez, l'angle de suite D F G sera de 146, & l'angle G ayant été trouvé de 20 degrez il s'ensuit que l'angle F D G est de 14; c'est pourquoi vous direz si le sinus de 14 degrez donne 54 pieds, que donnera le sinus de 20 degrez le calcul étant fait on trouvera 76 pieds & environ un tiers, pour le côté D F; après quoi il faut calculer le triangle rectangle D E F, duquel on connoît déja tous les angles & l'hypotenuse D F: c'est pourquoi on dira si le sinus total donne 76 pieds & un tiers, que donnera le sinus de 34 degrez; le calcul étant fait on trouvera 42 pieds & deux tiers pour le côté D E, auquel ajoutant cinq pieds pour la hauteur du centre du quart de cercle au-dessus du terrain, on aura 47 pieds & deux tiers pour la hauteur de la tour proposée.

Ces calculs se font bien plus promptement par les logarithmes que par les nombres ordinaires, puisque le tout se résout par additions & soustractions, comme il est expliqué plus amplement dans les Livres qui traitent de la trigonométrie.

Ces propositions & toutes autres de même, se peuvent aussi résoudre sans calcul, faisant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se forment sur le terrain.

Ainsi pour résoudre la présente question faites une échelle de 10 toises, c'est-à-dire, tracez la ligne droite A B assez longue, afin que la division en soit exacte; divisez-la en 10 parties égales & subdivisez une desdites parties en 6 pour avoir une toise divisée en pieds.

Tirez ensuite la ligne indéterminée E G; faites avec un rapporteur au point G un angle de 20 degrez, & tirez la ligne indéterminée G D; portez

de G en F 9 toises ou 54 pieds, prises sur votre échelle; faites au point F un angle de 34 degrez, & tirez la ligne F D, laquelle coupera la ligne G D en un point comme D, duquel vous abaisserez la perpendiculaire D E, qui representera la hauteur de la tour proposée, & mesurant cette ligne D E sur l'échelle, vous trouverez qu'elle contient 47 pieds & 8 pouces.

Tous les autres côtez de ces triangles se mesureront sur la même échelle.

USAGE III.

Connoître la largeur d'un puits ou d'un fossé dont on peut mesurer la profondeur.

Fig. 4.

SOit proposé à mesurer la largeur du fossé C D, dont on peut approcher. Placez le quart de cercle sur le bord au point A, en sorte que par les ouvertures des pinules immobiles vous puissiez voir le fonds du fossé au pied de l'autre bord D. Examinez quel angle est marqué par le fil du plomb, que je suppose en cet exemple de 63 degrez. Mesurez la profondeur A C, depuis le centre du quart de cercle, laquelle je suppose de 25 pieds & perpendiculaire. Faites ensuite un petit triangle rectangle semblable, dont un des angles aigus soit de 63 degrez, & par consequent l'autre sera de 27, & que le plus petit côté soit de 25 parties égales prises sur une échelle; mesurez enfin sur cette même échelle le côté C D du petit triangle; il sera d'environ 49 parties, ce qui fait juger que la largeur du fossé proposé est de 49 pieds.

Usage du quarré géométrique.

Fig. 6.

LE quart de cercle étant bien placé verticalement & les pinules dirigées vers le haut de la tour proposée à mesurer; si le fil du plomb coupe le côté du quarré où est marqué, ombre droite, la distance du pied de la tour au point de station est moindre que sa hauteur; si le fil tombe le long de la diagonale du quarré, la distance est égale à la hauteur; mais si le fil coupe le côté du quarré où est marqué ombre verse, la distance de la tour est plus grande que sa hauteur.

Ayant donc mesuré la distance du pied de la tour, au lieu où se fait l'observation, on en trouvera la hauteur par le moyen de la regle de proportion dont on aura trois termes connus, mais leur disposition n'est pas toujours la même; car lorsque le fil coupe le côté du quarré où est marqué, ombre droite, le premier terme de la regle de trois, doit être la partie dudit côté coupée par le fil, le second terme sera le nombre entier du côté du quarré géométrique, & le troisiéme terme, la distance mesurée.

Et lorsque le fil coupe le côté du quarré où est marqué, ombre verse, le premier terme de la regle de trois doit être le côté entier du quarré géometrique; le second terme, la partie du côté coupée par le fil; & le troisiéme, la distance mesurée.

Supposons, par exemple, qu'ayant observé le haut d'une tour, le fil du plomb ait coupé le côté d'ombre droite au point marqué 40, & que la distance mesurée soit de vingt toises; je dispose la regle de proportion

en la maniere suivante. [40. 100. 20.

Multipliant 20, par 100, & divisant le produit 2000 par 40, on trouvera pour quatriéme tèrme de cette regle 50, qui signifie que la hauteur de la tour est de 50 toises.

Mais si le fil du plomb a coupé le côté d'ombre verse, comme par exemple, au point marqué 60, & que la distance mesurée soit de 35 toises, disposez les trois premiers termes de la regle de proportion en cette autre maniere. [100. 60. 35.

Multipliez 35 par 60, & le produit 2100, étant divisé par 100; le quotien 21 sera la hauteur de la tour.

Usage du treillis sans calcul.

TOutes ces operations se peuvent résoudre sans calcul, comme nous allons le faire voir par quelques exemples.

USAGE PREMIER.

SUpposons, comme nous avons déja fait, que le fil du plomb coupe le côté d'ombre droite au point marqué 40, & que la distance mesurée soit de 20 toises; cherchez dans le treillis celle des perpendiculaires au rayon, qui soit de vingt parties depuis le fil; cette perpendiculaire coupera le côté du quarré qui aboutit au centre au point marqué 50; c'est pourquoi en ce cas la hauteur de la tour sera de 50 toises. Fig. G4

On divise quelquefois l'alidade mobile en parties égales à celles du treillis, & par ce moyen on peut connoître la longueur de l'hypotenuse ou rayon visuel, en rapportant l'alidade divisée à la place du fil.

USAGE II.

MAis si le fil coupoit le côté d'ombre verse au point marqué 60, & que la distance mesurée fût de 35 toises, comptez sur le rayon du quart de cercle depuis le centre, 35 parties; comptez aussi les divisions de la perpendiculaire depuis ce point 35 jusqu'au fil, vous y trouverez 21 parties; c'est pourquoi en ce cas la hauteur de la tour seroit de 21 toises.

Souvenez-vous qu'en tous les cas il faut ajouter la hauteur du centre de l'instrument au-dessus du terrain. Si, par exemple, cette hauteur est cinq pieds, la hauteur de la tour dans le dernier exemple sera de 21 toises cinq pieds.

USAGE III.

Connoître avec le treillis une hauteur inaccessible.

POur cet effet il faut faire deux stations & mesurer la distance entre les deux stations, mais il y a trois cas à observer.

PREMIER CAS.

Où le côté d'ombre droite est coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

SUpposons, par exemple, qu'à la premiere observation le fil coupe le côté d'ombre droite au point marqué 30, & que s'étant reculé de 20 toises en place bien de niveau, au premier point, ce fil coupe le même côté d'ombre droite au point 70; marquez la position du fil en ces deux stations, en traçant sur le treillis une ligne de crayon depuis le centre jusqu'audit point 30, & une autre jusqu'au point marqué 70; cherchez entre ces deux lignes une portion de parallele qui soit d'autant de parties que la distance mesurée contient de toises, c'est-à-dire 20 en cet exemple; ladite parallele étant continuée, conviendra au nombre 50, compté depuis le centre; c'est pourquoi la hauteur de la tour observée sera de 50 toises; on connoîtra aussi par le même moyen que la distance du pied de la tour jusqu'à la premiere station qui n'avoit pû être mesurée, est de 15 toises; parce qu'il y a 15 parties comprises sur la parallele entre le nombre 50 & la ligne de crayon de la premiere station.

Au lieu de tirer des lignes de crayon on pourroit se servir de deux fils tendus depuis le centre, dont celui où est attaché le plomb en seroit un.

SECOND CAS.

Où le côté d'ombre verse est coupé toutes les deux fois par le fil.

SUpposons qu'en la premiere station le fil du plomb coupe le côté d'ombre verse au point marqué 80, & que s'étant reculé en place unie, de 15 toises, le fil coupe le même côté d'ombre verse au point 50; marquez sur le treillis les deux differentes positions du fil par deux lignes de crayon ou autrement, & cherchez entre ces deux lignes une portion de parallele qui contienne autant de parties que la distance mesurée contient de toises, comme en cet exemple 15 parties à cause des 15 toises de distance supposée entre les deux stations; à ces 15 parties ajoutez-en 25, qui sont la continuation de la même parallele jusqu'au côté du quarré qui aboutit au centre, ce qui fait en tout 40 parties, c'est pourquoi la distance de la tour jusqu'au point de la seconde station est de 40 toises; & pour avoir sa hauteur, cherchez sur le côté du quarré qui aboutit au centre le nombre 40, qui est celui de sa distance, & comptez depuis ce nombre jusqu'à la premiere ligne de crayon les parties de la parallele, qui en cet exemple se trouveront au nombre de vingt; c'est pourquoi la hauteur de ladite tour est de vingt toises, en y ajoutant toujours, comme nous avons déja dit, la hauteur du centre du quart de cercle pardessus le terrain.

TROISIÉME CAS.

SI dans une des ſtations le fil tombe le long de la diagonale du quarré, & que dans l'autre il coupe le côté d'ombre droite, il faut faire la même choſe que ſi le côté d'ombre droite avoit été coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

Mais ſi le fil tombe le long de la diagonale à une des deux ſtations, & qu'il coupe le côté d'ombre verſe en l'autre ſtation ; il faut faire comme ſi toutes les deux fois le côté d'ombre verſe avoit été coupé par le fil.

La raiſon de tout ceci eſt qu'il ſe fait toujours ſur le treillis un petit triangle ſemblable au grand, qui ſe fait ſur la terre, quoique diverſement poſé. La ligne marquée par le fil du plomb repreſente toujours le rayon viſuel; les deux autres côtez du petit triangle qui font angle droit, repreſentent la hauteur de la tour & ſa diſtance; quand le fil du plomb coupe le côté d'ombre droite, la hauteur eſt repreſentée par les diviſions du côté qui part du centre ; mais quand le fil coupe le côté d'ombre verſe, la diſtance eſt repreſentée par les diviſions du côté du treillis qui part du centre, & la hauteur par la perpendiculaire, qui convient au nombre de la diviſion dudit côté.

USAGE IV.

Pour connoître une profondeur comme celle d'un puits ou d'un foſſé.

IL en faut meſurer la largeur & voir le fond par les ouvertures des deux pinules immobiles, mais de telle ſorte que d'une ſeule vue on voye le bord intérieur d'en haut de devers nous, & l'oppoſite d'en bas où touche l'eau. Alors le fil coupera la parallele correſpondante au nombre des pieds ou toiſes de la largeur du puits, que l'on ſuppoſe avoir été meſurée actuellement; & le nombre de la perpendiculaire où aboutira cette parallele, déterminera la profondeur, dont il faudra ſouſtraire la hauteur du centre de l'inſtrument audeſſus du bord du puits.

On trouvera de même la largeur d'un foſſé dont on pourra meſurer la profondeur.

Pour bien entendre tout ceci, il eſt bon d'avoir en main le quarré géométrique avec ſon treillis.

Uſage du quart de cercle, en ſe ſervant de l'alidade mobile avec ſes pinules, pour meſurer les hauteurs & profondeurs.

PLacez le quart de cercle, de ſorte que ſon plan faſſe angle droit avec l'horiſon, & qu'un de ſes rayons ou demi-diametres ſoit exactement parallele audit horiſon, ce qui ſera lorſque le fil du plomb librement ſuſpendu, tombera le long de l'autre demi-diametre.

En cette ſituation les deux pinules immobiles ne ſont d'aucun uſage, à moins que l'on ne voulût s'en ſervir pour obſerver la diſtance de deux étoiles, & pour lors il faut incliner le quart de cercle en dirigeant les pinules immobiles vers un aſtre, & les pinules mobiles vers l'autre ; l'arc

compris entre deux donnera leur distance, d'où l'on peut conclure la diversité de leurs aspects.

S'il s'agit d'observer une hauteur, le centre de l'instrument doit être au-dessus de l'œil; mais si l'on observe une profondeur, il faut que l'œil soit au-dessus du centre.

USAGE PREMIER.

Pour observer une hauteur comme celle d'une tour, dont le pied est accessible.

AYant placé le quart de cercle de la maniere que nous venons de dire, tournez l'alidade en telle sorte que vous puissiez voir le sommet de la tour par les ouvertures des pinules; l'arc de la circonference du quart de cercle compris entre le demi-diametre, parallele à l'horison, & & la ligne de foi de l'alidade marquera l'ouverture de l'angle qui se fait au centre de l'instrument. Si ensuite on mesure exactement la distance du pied de la tour au lieu où est placé l'instrument, on aura trois choses connues dans le triangle à mesurer; savoir, la base & les deux angles faits à ses extrémitez, dont l'un est toujours droit, puisqu'on suppose la tour bâtie & dressée à plomb, & l'autre angle égal à celui que fait la ligne de foi de l'alidade avec le demi-diametre, parallele à l'horison; le reste se trouvera par les regles de la trigonométrie rectiligne, comme nous avons dit ci-devant; ou bien sans calcul en traçant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se font sur le terrain; ou bien par le quarré géométrique, en observant que dans cette position du quart de cercle le côté d'ombre droite doit toujours être parallele à l'horison, & le côté d'ombre verse lui doit être perpendiculaire.

USAGE II.

Pour connoître la hauteur d'une tour soit accessible ou inaccessible, par le moyen du treillis.

EN cette situation du quart de cercle, il se forme toujours sur le treillis des petits triangles semblables, dont les côtez homologues sont paralleles & semblablement posez à ceux des grands triangles qui se forment sur la terre; ce qui rend les operations plus simples & plus faciles que dans l'autre situation du quart de cercle; comme nous allons l'expliquer en faisant trois differentes suppositions, selon les differens cas qui peuvent se rencontrer.

PREMIER CAS.

SUpposons, par exemple, qu'ayant observé le haut d'une tour dont le pied est accessible, par les ouvertures des pinules de l'alidade mobile, la ligne de foi coupe le côté d'ombre droite au point marqué 40, & que la distance du pied de la tour soit de 20 toises, cherchez entre les paralleles à l'horison, depuis celle qui passe par le centre jusqu'à l'alidade, la parallele qui est de vingt parties, à cause des vingt toises de distance sup-

posée, vous verrez qu'elle aboutit au nombre 50, du côté perpendiculaire du quarré, compté depuis le centre; d'où vous jugerez que la hauteur de cette tour est de 50 toises au-dessus du centre du quart de cercle.

SECOND CAS.

SUpposons que dans une autre observation l'alidade coupe le côté d'ombre verse au point marqué 60, & que la distance mesurée soit de 35 toises; comptez depuis le centre du quart de cercle le long du côté parallele à l'horison 35 parties, pour les 35 toises de distance, & de ce point, comptant les parties de la perpendiculaire jusqu'à l'intersection de la ligne de foi, vous en trouverez 21; ce qui doit faire juger que la hauteur de la tour proposée à mesurer, est de 21 toises.

TROISIÉME CAS.

SUpposons enfin que le pied de la tour soit inaccessible, & qu'il faille faire deux stations, comme nous avons dit ci-devant, on peut trouver la hauteur sans aucune distinction d'ombre droite ou verse; car ayant mesuré la distance entre les deux stations, & marqué sur le treillis deux lignes qui fassent connoître la situation de l'alidade dans ces deux differentes positions, cherchez entre ces deux lignes une portion de parallele à l'horison, qui soit d'autant de parties que la distance mesurée contient de toises: Si vous la continuez jusqu'au côté perpendiculaire du quarré géométrique qui part du centre, vous y trouverez un nombre qui exprimera la hauteur de la tour, & la continuation de cette parallele jusqu'à ce nombre vous fera connoître la distance jusqu'au pied de la tour, laquelle n'avoit pû être mesurée.

Remarquez qu'en cette situation du quart de cercle les distances horisontales sont toujours representées sur le treillis par des lignes paralleles à l'horison, & que les élevations ou hauteurs y sont toujours representées par des lignes perpendiculaires sur ledit horison; ce qui rend, comme nous avons déja dit, les operations plus faciles à connoître.

Il n'en est pas de même dans l'autre situation verticale du quart de cercle où l'on se sert des pinules immobiles; car si en observant la hauteur d'une tour inaccessible, le fil du plomb dans une des stations coupe le côté d'ombre droite, & dans l'autre station le côté d'ombre verse la distance entre les deux lignes de crayon qui marquent les deux differentes positions du fil, traverse les quarrez du treillis par leurs diagonales, lesquelles n'ont point de communes mesures avec les côtez, & ainsi on ne pourroit pas s'en servir pour trouver la hauteur de la tour proposée.

Usage du quart de cercle pour mesurer les distances horisontales.

QUoique le quart de cercle ne soit pas si propre pour mesurer les distances horisontales que le demi-cercle ou le cercle entier, à cause que l'on ne peut s'en servir à mesurer les angles obtus, nous ne laisserons pourtant pas d'en donner ici quelques usages, par rapport au quarré géométrique & au treillis que nous supposons tracé sur le plan de cet instrument.

Placez sur son pied la surface du quart de cercle horisontalement, de sorte que sa circonference soit à peu près parallele à l'horison; car il n'est pas besoin que son plan soit parfaitement de niveau, étant quelquefois necessaire de l'incliner pour appercevoir les objets par les ouvertures des pinules.

Mettez le pied de cet instrument dans la ligne que vous prétendez mesurer, & faites deux observations en la maniere suivante, où le plomb n'est plus d'usage, mais on se sert de quatre pinules tant mobiles qu'immobiles.

Fig. 5.

Supposons, par exemple, qu'il faille mesurer la distance perpendiculaire A B : plantez plusieurs piquets dans la ligne A C D, & le quart de cercle au point A, en sorte que les deux pinules immobiles soient dans la ligne A C, que le point B soit vu par les ouvertures des deux pinules de la regle mobile, placée à angle droit avec la ligne A C; ôtez ensuite le quart de cercle & plantez un piquet au point A, mesurez depuis A vers C telle quantité qu'il vous plaira, comme, par exemple, 18 toises, au bout desquelles ayant placé l'instrument, en sorte que les deux pinules immobiles soient dans la ligne A C, tournez l'alidade mobile jusqu'à ce que vous puissiez voir le point B par les ouvertures de ses deux pinules, vous aurez sur le treillis un petit triangle tout semblable au grand qui se fait sur la terre; c'est pourquoi cherchez entre les paralleles coupées par l'alidade, celle qui a autant de parties que la distance mesurée a de toises, c'est-à-dire, 18 en cet exemple, elle aboutira sur le demi-diametre du quart de cercle, à un nombre, lequel compté depuis le centre de l'instrument, contient autant de parties qu'il y a de toises dans la ligne A B, proposée à mesurer.

Autrement. On pourra trouver encore la distance A B, soit perpendiculaire ou non, d'une autre maniere, sans s'assujetir à faire une station à angle droit au point A.

Supposons, par exemple, que la premiere station se fasse au point C, & la seconde au point D; tracez sur le treillis deux lignes droites avec du crayon ou autrement, qui marquent les deux differentes positions de l'alidade; & ayant mesuré la distance du point C au point D, que je suppose ici vingt toises, cherchez entre les deux lignes de crayon une portion de parallele qui soit de vingt parties, elle correspondra sur le demi-diametre du quarré géométrique à un nombre lequel compté depuis le centre contiendra autant de parties qu'il y a de toises sur la terre en ligne droite, depuis A jusqu'en B.

On connoîtra aussi la longueur des distances C B & D B par les divisions de l'alidade; car il se fait sur le treillis un petit triangle obliquangle semblable au grand C D B, qui se fait sur la terre.

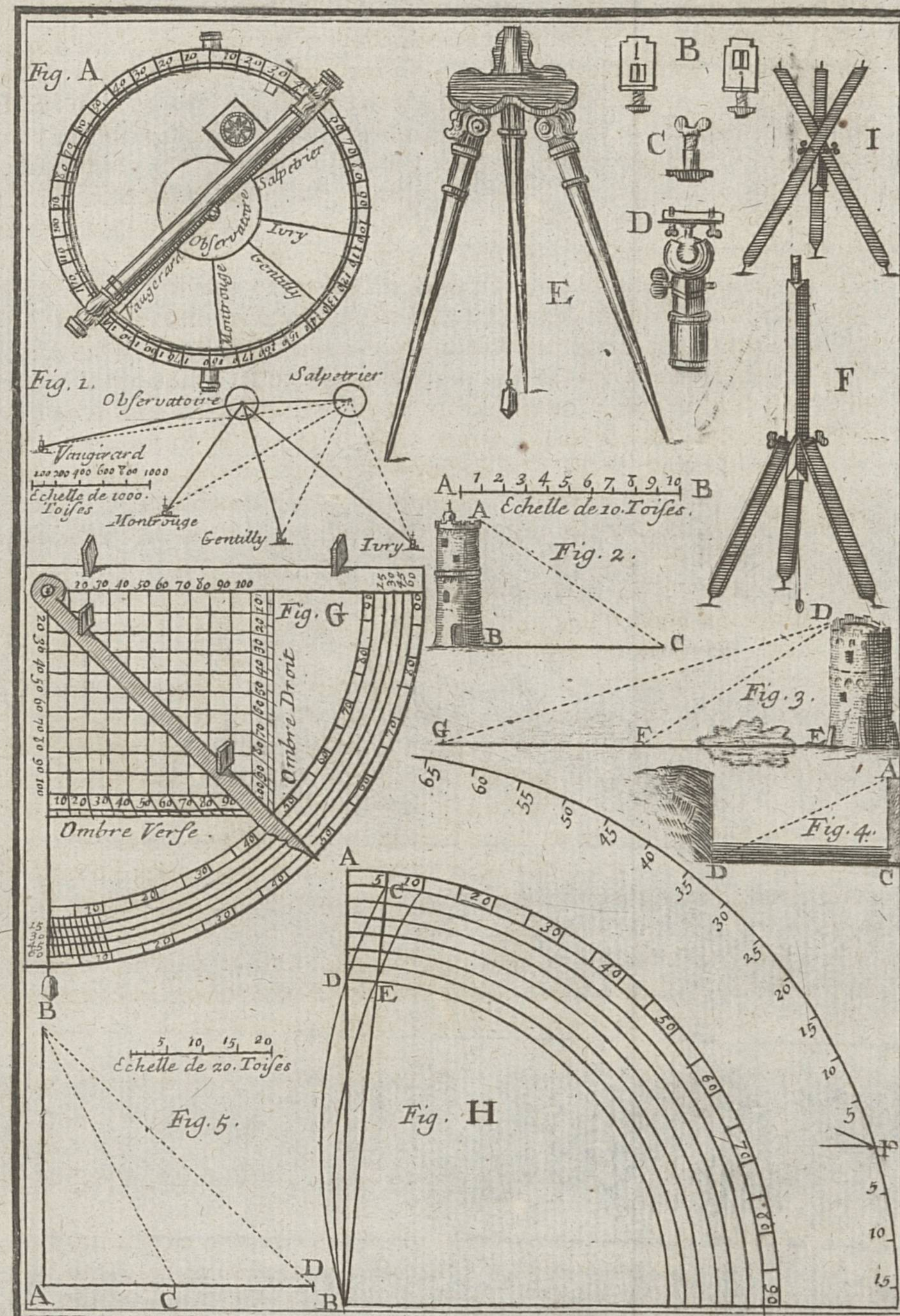
CHAPITRE VI.

Contenant la construction & les usages du demi-cercle.

XV. Planche. Fig. A. & B.

L'On nomme aussi ces instrumens, graphometres. On les fait de laiton battu ou de cuivre fondu en sable, suivant les modeles que l'on donne aux fondeurs, depuis sept pouces de diametre jusqu'à 15. La division se

Planche Quatorzieme



se fait de la même maniere que celle de la planchete, & du quart de cercle, comme nous avons expliqué ci-devant. Le plus simple de ces instrumens est celui marqué B. Aux extremitez de son diametre & dans un petit trou quarré fait sur la ligne de foi, on ajuste deux pinules immobiles, qu'on arrête avec un écrou au-dessous, & à son centre une regle ou alidade mobile garnie de deux autres pinules faites de la même maniere que celle dont nous avons parlé ci-devant, & qu'on arrête avec une vis. Je fais ces deux dernieres pinules un peu plus haut que les premieres, afin que quand on prend un angle fort petit ou fort grand & que la largeur des quatre pinules se rencontrant elle empêche qu'on ne puisse voir le rayon visuel, alors on regarde par les fentes qui sont aux extremitez des pinules de l'alidade, & on connoît par là toute sorte de grandeurs d'angles. On emboëte une boussole au milieu de sa surface pour servir à orienter les cartes & les plans.

Au-dessous du demi-cercle il y a un genou qui est attaché au centre, dont la virole entre autour d'un pied à trois branches, comme la figure le montre.

Il est necessaire de dire ici que ces instrumens doivent être d'abord bien dressez au marteau ; puis il faut les dégrossir avec une lime rude ; ensuite on les adoucit avec une lime bâtarde & une douce. Quand ces instrumens sont ainsi limez, il faut prendre garde si on ne les a pas gauchis en limant. En ce cas on les doit bien redresser à la regle sur une pierre ou un marbre bien droit, puis on passe une pierre de ponce avec de l'eau pour ôter les traits de la lime. Pour bien polir les demi-cercles, comme tout autre instrument, on se sert de pierre douce d'allemagne, puis d'un charbon bien doux, en sorte qu'il ne raye pas l'ouvrage ; ensuite pour le bien éclaircir on se sert de tripoli fin trempé dans de l'huile, & qu'on passe fortement avec un morceau de castor ou de chamois.

Le demi-cercle à lunetes marqué A sert à prendre les distances fort éloignées, & a les degrez de son limbe divisez en minutes par des lignes transversales droites ou courbes, comme il a été dit ci-devant en parlant du quart de cercle.

Il y a une lunete d'aproche attachée par dessous au long de son diametre, dont les bouts marquez B, excedent de part & d'autre. Dessus l'alidade de ce demi-cercle est ajustée une autre lunete. Lorsque la ligne de foi coupe le milieu de l'alidade, il faut que la lunete qui y est attachée soit un peu plus courte, afin que l'on puisse voir les degrez de la division coupez par la ligne de foi ; mais pour le mieux il est plus à propos que les deux lunetes soient égales en longueur, & pour lors il faut que la ligne de foi de l'alidade soit tracée du bout marqué C, & que passant par le centre du demi-cercle, elle aille aboutir à l'extrémité opposée, marquée D. On échancre les deux bouts de l'alidade de maniere qu'ils conviennent aux divisions des degrez du limbe, comme on voit aux endroits marquez CF, GD, de telle sorte que la ligne CFEGD est la ligne de foi du demi-cercle.

Il est bon de remarquer que l'on ne commence pas à compter les degrez de ce demi-cercle depuis le diametre, comme aux autres, mais à l'endroit où se trouve l'échancrure de la ligne de foi, quand les rayons visuels des deux lunetes étant l'une sur l'autre sont d'accord, & pour les

faire convenir on avance ou recule le petit chassis qui porte les filets par le moyen des vis. La largeur depuis le centre des lunetes jusqu'aux échancrures de l'alidade est ordinairement de cinq degrez, ce qui fait que la division avance d'autant de degrez plus d'un côté que de l'autre, comme la figure le montre. On peut aussi placer les lunetes hors de la ligne de foi, c'est à-dire qu'on les peut mettre vers les bords de l'instrument & de l'alidade; mais il faut qu'elles soient bien ajustées au-dessus l'une de l'autre, paralleles à la ligne de foi, & que le rayon visuel de l'une reponde au rayon de l'autre, & alors on aura les angles aussi juste que si elles étoient sur la ligne de foi; on arrête ces lunetes par le moyen des vis à tête perdue dans l'épaisseur du cuivre.

Ces lunetes sont à deux ou à quatre verres, & ont toutes une soie très-fine tendue au foyer du verre objectif, pour servir de pinule.

Les lunetes à quatre verres font voir les objets dans leur veritable situation; mais celles à deux verres les renversent en sorte que ce qui est à droit paroît à gauche, & ce qui est en haut paroît en bas; mais cela n'ôte pas la justesse de l'operation, parce qu'elles donnent toujours le point de direction.

Ces lunetes sont faites de tuyaux de cuivre soudez & tournez en forme cylindrique, comme on voit par la figure D, qui represente une lunete détachée. Le verre oculaire, qui est celui dont on approche l'œil pour regarder les objets, est au bout marqué 1. On le pose dans un autre petit tuyau qui est à part, aussi marqué 1, que l'on avance ou recule dans le tuyau de la lunete selon les differentes vues. Ce petit tuyau porte aussi quelquefois au foyer du verre une soie très-fine: pour cela on prend de la soie crue, telle qu'on la tire des coques de ver à soie, & elle sert de pinule; mais pour le mieux cette soie est attachée sur une petite piece de cuivre, qu'on voit aussi à part, sur laquelle on a tracé bien juste un trait quarré marqué 2, sur lequel on pose ces soies. On place cette piece dans un rainure faite dans un petit chassis de cuivre soudé au tuyau de la lunete à l'endroit marqué 2. La petite vis marquée 5, est faite pour avancer ou reculer la petite piece qui porte les soies. Le verre objectif est placé à l'autre bout de la lunete du côté de l'objet que l'on veut voir. Il est aussi placé dans un petit tuyau marqué 3, & qui entre à force dans le canal de la lunete, afin que ce verre ne change pas facilement de place quand la lunete est ajustée. Ces verres sont convexes, ce qui rend leur milieu plus épais que leurs bords. Mais l'oculaire doit avoir plus de convexité que l'objectif, afin que les objets paroissent plus grands qu'à la vue simple.

On appelle le foyer d'un verre convexe l'endroit où les rayons qui viennent d'un objet lumineux, ou coloré, lequel est dans une distance fort éloignée, vont se réunir après avoir passé au-delà du verre; c'est pourquoi la peinture des objets qui sont opposez au verre se represente très-distinctement dans cet endroit. Par exemple, le point R, à l'extremité du cône de la figure H, est le foyer du verre S, à cause que c'est le point où les rayons, qui entrent par l'autre bout N du tuyau, vont se réunir après avoir passé à travers du verre S.

Les lunetes le plus en usage sont celles à deux verres, qui sont placez de maniere que leurs foyers soient communs & se réunissent à un même point dans le tuyau de la lunete, & c'est en ce point que l'on place les

filets ; si le foyer du verre objectif est sept ou huit fois plus éloigné que celui du verre oculaire, l'objet paroîtra sept ou huit fois plus grand que si les foyers de ces deux verres étoient égaux.

Le foyer du verre oculaire étant commun avec celui de l'objectif, les rayons colorez, qui après s'être rompus en tombant sur la surface du verre objectif, se sont réunis à son foyer, continuent leur chemin en s'écartant, & rencontrant le verre oculaire, se rompent derechef en passant au travers, & se dirigent de telle sorte qu'en mettant l'œil derriere ce verre on apperçoit les objets, dont la peinture se fait au foyer : car c'est l'objet qui renvoie son espece à l'œil ; ce qui se prouve encore très-manifestement par l'experience suivante. On bouche entierement le jour d'une chambre, & l'on fait un petit trou rond à un volet de fenêtre exposée à un lieu bien éclairé, on y applique un verre convexe, & l'on met un papier ou un linge blanc à l'opppofite de ce verre, au dedans de la chambre, à la distance de son foyer ; alors on voit sur le papier une peinture très-nette & très-distincte des objets qui sont opposez au verre par dehors, dans une situation renversée, & cette peinture se fait par les rayons de lumiere qui réjaillissent des objets. On trouvera le foyer du verre en approchant ou reculant le papier tant que l'on voie la peinture bien nette & bien déterminée.

Il y a une boussole & un genou à ce demi-cercle, qui étant bien fait de cette maniere, est un des plus parfaits qu'on puisse faire.

L'instrument marqué C, est un rapporteur d'environ huit ou dix pouces de diametre avec son alidade ou regle mobile. On le fait quelquefois aussi grand que les graphometres, dont on se sert en campagne, afin que l'on puisse marquer sur son bord les minutes, & qu'il serve à rapporter sur le papier les mêmes angles en degrez & minutes que ceux qui ont été observez en campagne.

Ce rapporteur est évuidé, & son alidade tourne autour d'un petit cercle aussi évuidé, au milieu duquel il y a une petite pointe qui marque le centre du rapporteur. La division se fait de même qu'au demi-cercle, & par la methode que nous avons marquée : on se sert aussi bien-souvent du rapporteur marqué à la planche 3, & expliqué au chapitre troisiéme, du livre premier.

USAGE PREMIER.

Pour lever le plan d'un champ proposé, comme A B C D E, faites planter un piquet bien à plomb à chaque angle de la figure, & mesurez exactement avec la toise un de ses longs côtez, comme A B, lequel je suppose pour exemple de cinquante toises deux pieds : faites un memorial en crayonnant sur le papier une figure à peu près semblable à celle du terrain ; mettez le demi-cercle avec son pied à la place du piquet A, en sorte que bornayant par les fentes des pinules immobiles du diametre, vous voiïez le piquet B ; ensuite le demi-cercle demeurant ferme en cette situation, tournez l'alidade mobile en sorte que par ses pinules vous puissiez voir le piquet C ; remarquez quel angle fait la ligne de foi de l'alidade avec le côté A B, & marquez sur votre memorial le nombre des degrez de l'angle B A C ; tournez ensuite l'alidade de sorte que par les pinules

Fig. 1.

vous puissiez voir le piquet D, & marquez sur votre memorial le nombre des degrez que contient l'angle B A D ; tournez encore l'alidade de sorte que par les pinules on puisse voir le piquet E , & marquez le nombre des degrez que contient l'angle B A E. Mais toutes les fois que vous bornayez chacun des piquets par les pinules de l'alidade, ayez soin de regarder si le piquet B est toujours bien dans l'alignement des pinules immobiles dù diametre.

Ceci étant fait, levez le demi-cercle avec son pied, & ayant replanté le piquet A, allez poser le demi-cercle avec son pied à la place du piquet B, en sorte que bornayant par les ouvertures des pinules immobiles du diametre, vous voïiez le piquet A; & le demi-cercle demeurant ferme en cette situation, tournez, comme vous avez déja fait, l'alidade mobile, en sorte que par ses pinules vous puissiez voir l'un après l'autre les piquets C, D, E, & marquez sur le memorial la valeur de chaque angle A B C, A B D, A B E.

Enfin mettez au net la figure en traçant exactement avec un demi-cercle ou rapporteur tous les angles dont la valeur est marquée aux extrémitez de la ligne A B, d'où vous tirerez autant de lignes droites, & de leurs intersections d'autres lignes qui formeront le plan proposé. La longueur de tous les côtez qui n'ont pas été mesurez se pourra connoître par le moyen d'une échelle de parties égales, dont la ligne A B en contiendra cinquante & un tiers, & l'on pourra trouver la surface de ce champ en mesurant chacun des triangles du plan ainsi reduit par les regles de la planimétrie dont traitent quantité de livres.

Remarquez qu'il est à propos de mesurer actuellement une des plus longues lignes du plan proposé, pour la faire servir de base commune, & faire à chacune de ses extremitez toutes les observations necessaires pour y former les angles des triangles qu'on est obligé d'y faire : car si l'on prenoit pour base commune de tous ces triangles une des plus courtes lignes, les angles qui se forment par les intersections des rayons visuels en bornayant les piquets, deviendroient trop aigus, & l'intersection trop incertaine.

On pourra orienter ce plan par le moyen de la boussole, dont la ligne du nord & sud se trace ordinairement parallele au diametre du demi-cercle : car comme la base commune de tous les triangles observez est parallele à ce diametre, il n'y a qu'à remarquer l'angle qu'elle fait avec l'éguille aimantée, ce qui se connoîtra facilement en dirigeant la ligne de foi de l'alidade parallelement à ladite aiguille. Ensuite dequoi on dessine sur le plan une petite rose des rumbs des vents, où les principaux sont marquez par leurs noms, & placez conformément à l'observation qui en a été faite sur le terrain.

USAGE II.

Pour savoir la distance du clocher A à la tour C, que l'on suppose être inaccessible.

Fig. 2. AYant choisi deux endroits aux environs, d'où l'on puisse voir le clocher & la tour, & mesurer leur distance pour servir de base, placez

le demi-cercle à l'un de ces lieux, comme en D, & un piquet à l'autre, comme au point E, tournez-le de maniere que par les pinules fixes de son diametre, ou par la lunete, vous découvriez le piquet E; faites mouvoir l'alidade en sorte que par ses pinules vous puissiez voir le clocher A, les degrez du demi-cercle compris entre le diametre & l'alidade, donneront l'ouverture de l'angle ADE, qui dans cet exemple est de 32 degrez, que vous marquerez sur le memorial. Tournez encore l'alidade jusqu'à ce que vous puissiez voir la tour C par ses pinules ou lunete, en conservant toujours le diametre dans la ligne DE, alors les degrez compris entre le diametre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle CDE, qui sera de 123 degrez, & que vous marquerez sur le memorial. Vous ôterez ensuite le demi-cercle de la station D, & vous y laisserez un piquet; mesurez exactement la distance du piquet D au piquet E, que je suppose ici de 32 toises, que vous écrirez sur le memorial; posez le demi-cercle à la place du piquet E, de telle sorte que les pinules fixes du diametre ou la lunete, soient directement sur la ligne ED; tournez l'alidade, afin de voir par ses pinules la tour C, les degrez compris entre le diametre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle CED, qui est en cet exemple de 26 degrez. Tournez enfin l'alidade pour voir par ses pinules le clocher A, & l'angle AED sera de 125 degrez, que vous chifrerez sur le memorial; & par le moyen d'une échelle & d'un rapporteur vous ferez une figure semblable pour connoître la distance AC, proposée à mesurer.

Pour resoudre la même proposition par le calcul de la trigonométrie. Premierement, on connoît par observation dans le triangle DAE, l'angle aigu ADE de 32 degrez, & l'obtus DEA de 125 degrez, d'où il suit que le troisiéme angle DAE est de 23 degrez, puisque les trois angles de tout triangle rectiligne sont égaux à deux droits; & pour connoître le côté AE, vous ferez cette analogie. Le sinus de 23 degrez auquel répond dans les tables ce nombre 39073, est à 32 toises, comme le sinus de 32 degrez 52992 est à la ligne AE de 43 toises, peu plus. On connoît de même par observation dans le triangle CDE l'angle aigu CED de 26 degrez, & l'obtus EDC de 123 degrez, d'où s'ensuit que le troisiéme angle DCE est de 31 degrez, & pour connoître le côté CE, faites cette seconde analogie: comme le sinus de 31 degrez 51504 est à 32 toises; ainsi le sinus de 123 degrez ou de son complément 57, qui est le même, 83867 est à CE 52 toises. Ensuite pour connoître la distance CA, examinez le triangle CAE, duquel vous connoissez les deux côtez CE & AE, avec l'angle compris AEC de 99 degrez, & par consequent les deux autres angles inconnus valent ensemble 81 degrez, & pour les connoître chacun en particulier, faites encore cette autre analogie: comme la somme des deux côtez connus 95 toises est à leur difference 9 toises, ainsi la tangente de 40 degrez 30 min. moitié des deux angles inconnus 85408 est à un quatriéme nombre 8091, qui est tangente de la moitié de la difference des deux angles inconnus, ce quatriéme terme cherché dans la colonne des tangentes répond à 4 degrez 37, qu'il faut ajouter à ladite moitié 40 degrez 30 pour avoir le plus grand des deux angles aigus CAE 45 deg. 7, & par consequent le troisiéme angle ACE sera de 35 degrez 53. Enfin pour avoir la longueur CA, dites: comme le sinus de 35 degrez 53.

58613 est à 43 toises, ainsi le sinus de 99 degrez ou de son complément 81 degrez 98768 est à la distance AC de 72 toises deux pieds.

USAGE III.

Fig. 3. POur avoir la hauteur de la tour AB, du pied de laquelle on ne peut pas approcher à cause d'un ruisseau qui passe au bas de ladite tour, cherchez un terrain à peu près de niveau, propre à y faire deux stations, comme en cet exemple C & D; placez le demi-cercle verticalement au point D, de sorte que son diametre soit parallele à l'horison, ce qui se fait par le moyen d'un fil avec son plomb, que l'on accroche au haut d'une ligne perpendiculaire, qui est tracée derriere le demi-cercle; tournez l'alidade, afin de voir par ses pinules le sommet de la tour B, examinez de combien de degrez est l'angle BDA, que nous supposons ici de 42 degrez que vous marquerez sur le memorial; puis ayant levé le demi-cercle & placé à l'autre station C, mesurez la distance DC, que je suppose ici de 12 toises, & après avoir ajusté le demi-cercle de maniere que son diametre soit parallele à l'horison, tournez l'alidade jusqu'à ce que vous voïez le haut de la tour B, remarquez l'angle BCD, pour l'écrire sur le memorial, que nous supposons ici de 22 degrez, faites ensuite une figure semblable par le moyen d'une échelle & d'un rapporteur, & vous connoîtrez la hauteur AB, laquelle se peut aussi trouver par le calcul de la trigonométrie en cette maniere.

L'angle BDA de 42 degrez donne l'angle de suite BDC de 138 degrez, & parce que l'angle C a été mesuré de 22 degrez, le troisiéme angle du triangle CBD sera de 20 degrez. Vous direz donc par une regle de proportion : comme le sinus de 20 degrez 34202 est à 12 toises, ainsi le sinus de 22 degrez 37461 est à la ligne BD 13 toises 10 pouces : or cette ligne BD est l'hypotenuse du triangle rectangle BDA, dont tous les angles sont connus; c'est pourquoi vous direz par une seconde regle de trois : comme le sinus total 10000 est à 13 toises 10 pouces, ainsi le sinus de 42 degrez 66913 est à la hauteur AB huit toises, & peu moins de cinq pieds.

USAGE IV.

Pour lever la carte d'un pays.

CHoisissez premierement deux endroits éminens, d'où l'on puisse découvrir une grande étendue de pays, lesquels soient assez éloignez l'un de l'autre pour servir de base commune à plusieurs triangles qu'il faut observer pour faire cette carte; mesurez actuellement avec la chaîne la distance de ces deux lieux.

Ces deux distances étant supposées A & B, éloignées l'une de l'autre de 200 toises, placez horisontalement le plan du demi-cercle avec son pied au point A, en sorte que par les pinules immobiles du diametre, ou par la lunete, vous découvriez le point B; l'instrument restant ferme en cette situation, tournez l'alidade mobile pour découvrir l'un après l'autre les tours, clochers, moulins, arbres & autres lieux remarquables que vous

souhaitez placer sur votre carte ; examinez quels angles ils font avec la base commune, & les marquez aussi-tôt sur le memorial avec les noms propres de chaque lieu bornayé par les pinules ou lunete, par exemple, l'angle BAI de 14 degrez, BAG de 47, BAH de 53, BAF de 68, BAE de 83, BAD de 107, & enfin l'angle BAC de 130 degrez ; ce qui étant fait, & les angles marquez sur le memorial avec la distance AB des deux stations que nous avons supposée de 200 toises, posez le demi-cercle au point B, pour y faire la seconde station.

Fig. 4.

L'instrument étant placé de maniere que son diametre convienne avec la ligne BA, tournez l'alidade mobile & observez les angles que font les mêmes objets qui sont vûs du point A, comme par exemple l'angle ABC de 20 degrez, ABF de 37, ABD de 44, ABE de 56, ABG de 83, ABH de 96, & l'angle ABI de 133 degrez que vous marquerez sur le memorial, comme vous avez fait les autres.

Si quelque objet a été vû du point A, & que l'on ne puisse pas le voir du point B, il faut changer de base en choisissant un autre point d'où l'on puisse le découvrir ; car il est absolument necessaire qu'un même objet soit vû de deux lieux differens ; puisqu'on ne peut avoir sa position que par le point d'intersection de deux lignes, dont chacune se tire des extremitez de la base, avec laquelle ils forment un triangle rectiligne.

Il est à propos de se souvenir que l'étendue de la base que l'on mesure doit être assez grande, à proportion des triangles ausquels elle doit servir, & de plus bien alignée & nivelée, car si l'on suivoit les inégalitez du terrain haut & bas, on auroit des bases trop longues à proportion des angles & des rayons visuels qui se tirent en bornayant les objets.

Pour mettre cette carte au net, réduisez tous ces triangles observez dans leur juste proportion, par le moyen d'une échelle & d'un rapporteur, de la maniere que nous avons dit ci-devant.

CHAPITRE VII.

Contenant la construction & les usages de la boussole.

CEt instrument se fait de cuivre, d'ivoire, de bois ou de toute autre matiere solide. Il s'en fait depuis deux pouces jusqu'à six de diametre. Son milieu est fait en cercle comme une boëte ronde, au fond de laquelle on décrit une rose des vents & une circonference divisée en 360 degrez. Ce cercle est appliqué sur une plaque bien quarrée ; à son centre on place un petit pivot de cuivre ou d'acier bien pointu, qui sert à porter une éguille d'acier aimantée, posée en équilibre afin qu'elle puisse tourner librement ; & par dessus on met un verre taillé en rond que l'on fait tenir dans une petite rainure faite exprès autour du cercle, pour empêcher que l'agitation de l'air ne donne quelque mouvement à l'éguille.

XV. Planche. Fig. E.

Un des bouts de l'éguille aimantée, savoir celui qui a été froté du pole méridional de la pierre d'aiman, se tourne toujours vers la partie septentrionale du monde, non pas précisément, mais avec quelque déclinaison qui change de tems à autre.

Suivant les obſervations faites au mois d'Octobre de l'année 1724, dans l'Obſervatoire royal, l'éguille aimantée déclinoit de 13 degrez du nord à l'oueſt.

Les éguilles ſont faites de lames d'acier, de la longueur du diametre du cercle diviſé qui eſt au fond de la bouſſole. On y ſoude au milieu une petite chape de cuivre, que l'on perce fort droit, en forme de cône, & on donne un petit coup de pointeau au fond, afin que l'éguille ait un mouvement bien libre ſur ſon pivot. On les lime fort délicatement en leur donnant differentes figures; les unes en dard par un bout, & par l'autre une fléche; ce ſont ordinairement les grandes qu'on lime de cette façon. Aux moyennes & aux petites on y fait un anneau vers l'extremité, pour diſtinguer le côté qui doit tourner vers le nord, telles que les petites figures qui ſont auprès de la bouſſole le montrent; mais il faut que ces éguilles ſoient limées bien droit, & que les deux extremitez & le milieu de la chape, ſoient dans la même ligne. Celles qui ſont larges dans le milieu, & qui ſe terminent en pointe des deux côtez ſont plus regulieres que les autres.

Pour aimanter les éguilles il faut les faire paſſer ſur le pole d'un bon aiman ou ſur ſon armure, de maniere que le bout qui doit tourner vers le ſud, touche le premier ſur la pierre, en coulant l'éguille au long de l'aiman; & que le bout qui doit ſe diriger au nord y paſſe le dernier. Il faut faire la même choſe trois ou quatre fois, écartant la main en arc, afin que la vertu y reſte mieux imprimée.

J'ai obſervé avec attention ſi les differentes pierres d'aiman ne donnoient pas differentes declinaiſons, en aimantant des éguilles, faites de la même matiere & de la même façon, avec differentes bonnes pierres; & j'ai toujours trouvé la même declinaiſon. Je croi que les éguilles qui ont été touchées par une pierre, ont reçu de cette pierre une diſpoſition dans leurs pores pour y laiſſer paſſer la matiere magnetique qui circule autour de la terre ſuivant une certaine direction, de la même maniere que les pierres d'aiman l'ont reçu dans le tems de leur formation. Ainſi ce ne ſeront pas les differens aimans qui pourront donner une differente vertu aux éguilles, leſquelles ne ſe dirigent que ſuivant le cours de la matiere magnetique qui étant la même dans un même endroit de la terre, doit leur donner la même direction, mais peut-être bien le défaut de la conſtruction des éguilles, ſoit qu'elles ne ſoient pas limées bien droit, ou par quelqu'autre défaut.

Cette admirable proprieté de l'aiman & de l'éguille aimantée, n'eſt connue en Europe que depuis environ l'an 1260.

C'eſt par ſon moyen que l'on a oſé entreprendre de grands voyages par mer, & que l'on a découvert deux cens ans après, des terres fort riches vers l'Orient & d'autres vers l'Occident.

On peut auſſi par ſon moyen ſe conduire par terre dans un voyage, lorſqu'on ne trouve perſonne pour enſeigner le chemin, ayant une carte géographique; car pour cet effet il n'y a qu'à poſer le centre de la bouſſole ſur le lieu du départ, faire convenir l'éguille aimantée avec le méridien de ce lieu, & remarquer quel angle fait ce méridien avec la ligne de route; c'eſt-à-dire, qui conduit au lieu où l'on veut aller. Ainſi les pilotes & les voyageurs connoiſſent par la bouſſole la ſituation dans laquelle ils ſe trouvent à l'égard des poles du monde.

Elle eſt auſſi fort utile aux gens qui travaillent ſous terre dans les carrieres & dans

dans les mines ; car ayant remarqué ſur terre le point où l'on veut aller, on poſe la bouſſole à l'ouverture du trou pour voir l'angle que fait la ligne de direction avec l'éguille ; & quand on eſt ſous terre on fait une tranchée qui faſſe le même angle avec la bouſſole, & par ce moyen on arrive au lieu propoſé.

Il y a encore beaucoup d'autres uſages, dont nous allons expliquer les principaux.

USAGE PREMIER.

Pour trouver avec la bouſſole la déclinaiſon d'un mur.

IL faut ſe ſouvenir qu'il y a quatre points que l'on appelle cardinaux ; ſavoir, le ſeptentrion, le midi, l'orient & l'occident, leſquels partagent l'horiſon en quatre parties égales, comme il eſt marqué par la figure premiere. Fig. 1.

Quand on a trouvé un de ces points, on a tous les autres ; car, par exemple, ſi vous avez le ſeptentrion devant les yeux, le midi ſera derriere vous, l'orient à votre droite & l'occident à votre gauche.

Un mur qui ſeroit élevé ſur une ligne qui tend du ſeptentrion au midi, ſeroit dans le plan du méridien ; de maniere qu'une de ſes faces ſeroit tournée directement vers l'orient, & l'autre vers l'occident.

Un autre mur qui feroit angles droits avec ce premier, c'eſt-à-dire, qui ſeroit élevé ſur la ligne qui tend d'orient en occident, ſeroit parallele au premier vertical & ne déclineroit point ; une de ſes faces ſeroit tournée directement au midi, & l'autre au ſeptentrion.

Mais ſi l'on s'imagine un mur élevé ſur la ligne DE, il ſera dit décliner d'autant de degrez qu'en contient l'arc F ; c'eſt pourquoi, ſi par exemple, cet arc eſt de 40 degrez, la face de ce mur qui eſt tournée vers le midi, décline du midi vers orient de 40 degrez, la face oppoſée du même mur décline du ſeptentrion à l'occident de 40 degrez ; de ſorte que la déclinaiſon d'un mur n'eſt autre choſe que l'angle que fait ce mur avec le premier vertical.

Un autre mur qui ſeroit parallele à la ligne GH, déclineroit d'autant de degrez qu'en contient l'arc C ; c'eſt pourquoi ſi cet arc eſt de 30 degrez, la face du mur qui regarde le midi déclineroit de 30 degrez du midi à l'occident, la face oppoſée déclineroit pareillement de 30 degrez du ſeptentrion à l'orient.

En toutes les operations qui ſe font avec la bouſſole, il faut avoir grand ſoin d'éloigner toute ſorte de fer, & prendre bien garde qu'il n'y en ait de caché, car le fer change entierement la direction de l'éguille aimantée.

Je ſuppoſe que le pivot ſur lequel eſt poſée la chape de l'éguille eſt au centre d'un cercle diviſé en 360 degrez, ou 4 fois 90, dont le premier degré eſt dans la ligne qui tend du ſeptentrion au midi, & que la bouſſole eſt quarrée, comme elle eſt ici repreſentée.

Appliquez le long du mur le côté de la bouſſole où eſt la marque du ſeptentrion ; le nombre des degrez où s'arrêtera l'éguille aimantée, marquera la déclinaiſon du mur, & de quel côté. Si, par exemple, la pointe de l'éguille qui marque le ſeptentrion tend vers le mur, c'eſt une marque

qu'il peut être éclairé du soleil à midi ; & si elle s'arrête sur le 30me degré, compté du septentrion vers l'orient, la déclinaison est d'autant de degrez du midi à l'orient. Si elle s'arrête sur le 30me degré compté du septentrion vers l'occident, la déclinaison est d'autant de degrez du midi à l'occident.

Mais comme l'éguille aimantée décline presentement à Paris d'environ 13 degrez au nord-ouest ; pour corriger ce défaut on doit les ajouter au nombre des degrez marquez par l'éguille, lorsque la déclinaison est vers l'orient. Il faut au contraire les ôter lorsque la déclinaison est du côté d'occident.

Ainsi supposant, comme nous venons de faire, que l'éguille soit arrêtée sur le 30me degré vers l'orient ; la déclinaison du mur sera de 43 degrez du midi vers orient. Mais si l'éguille s'arrête du côté d'occident sur le 30me degré, la déclinaison du mur sera de 17 degrez du midi vers l'occident.

Que si la pointe de l'éguille aimantée qui marque le midi, tend vers le mur, c'est une marque que le midi est de l'autre côté du mur, & par consequent que la face dont on veut trouver la déclinaison, ne sera point éclairée du soleil à midi ; c'est pourquoi sa déclinaison sera du septentrion à l'orient, ou à l'occident selon qu'il sera tourné vers l'une ou l'autre de ces parties du monde. Ceci sera plus amplement expliqué en parlant des cadrans solaires.

USAGE II.

Pour mesurer un angle sur la terre avec la boussole.

Fig. 2. Soit l'angle DAE proposé à mesurer. Appliquez le long d'une des lignes qui forment l'angle, comme le long de la ligne AD, le côté de la boussole où est la marque du septentrion ; faites en sorte que l'éguille tourne librement sur son pivot, & quand elle sera arrêtée, prenez garde quel nombre de degrez répond à la pointe de l'éguille qui indique le septentrion ; & le trouvant, par exemple, de 80 degrez la déclinaison de ladite ligne sera d'autant de degrez. Prenez ensuite de la même maniere la déclinaison de la ligne AE, que je suppose de 215 degrez ; ôtez le petit nombre 80, du plus grand 215, restera 135, qu'il faut soustraire de 180 ; ce dernier reste sera 45 degrez pour la valeur de l'angle proposé à mesurer.

Mais si la déclinaison de la ligne AD n'étoit, par exemple, que de 30 degrez, & que celle de la ligne AE fût de 265, la difference de ces deux déclinaisons qui est de 235, seroit trop grande pour être ôtée de 180 ; c'est pourquoi en ce cas il faudroit ôter 180 du plus grand nombre 235, le reste 55 sera la valeur de l'angle proposé.

Quand on mesure des angles avec la boussole, il n'est pas necessaire d'avoir aucun égard à la variation de l'éguille aimantée, puisque cette variation sera toujours la même en toutes les differentes positions de l'éguille, pourvû toutefois qu'il n'y ait pas de fer qui la fasse dévoyer ; & lorsqu'on ne peut poser la boussole proche du plan, par quelque empêchement, il suffira de la placer bien parallelement, comme la figure le montre, elle fera le même effet.

USAGE III.

Pour lever le plan d'une forêt, d'un marais ou d'un chemin avec ses détours.

SOit proposé à lever le plan d'un marais ou étang ABCDE, dans lequel on ne peut entrer. Pour ces sortes d'operations il faut qu'il y ait sur la boussole deux pinules immobiles attachées sur la ligne qui tend du septentrion au midi, & un genou ou une virolle dessous. Faites planter des piquets assez longs & bien à plomb, de maniere qu'ils soient dans les lignes paralleles aux côtez qui font l'enceinte du marais; placez la boussole sur son pied dans une situation horisontale; bornayez deux de ces piquets par les fentes des pinules, mettant toujours auprès de l'œil celle qui est sur la partie méridionale de la boussole; puis ayant tracé sur du papier une figure qui represente à peu près le plan du marais, écrivez sur chaque ligne le nombre des degrez que marquera l'éguille lorsqu'elle sera arrêtée. Faites en même tems mesurer avec la toise la longueur exacte de chaque côté du marais, & marquez-en la valeur sur chaque ligne correspondante de votre mémorial. Lorsque vous aurez fait tout le tour du marais, les degrez marquez par l'éguille de la boussole serviront à former les angles de la figure, & la longueur de chaque ligne déterminera tout le plan du marais proposé. Fig. 31

Supposons pour exemple, qu'ayant placé la boussole le long du côté A B, ou ce qui est la même chose, le long d'une ligne parallele à ce côté, & que mettant l'œil proche la pinule du midi, on découvre deux piquets plantez dans ladite ligne; si l'éguille s'arrête sur le 30me degré vers l'occident, j'écris ce nombre 30 degrez le long de la ligne A B du mémorial, & en même tems la quantité de 50 toises qui ont été mesurées du point A au point B. Je transporte ensuite la boussole avec son pied, le long du côté B C, ou dans l'alignement des piquets, plantez parallelement audit côté, mettant toujours la pinule du sud ou midi du côté de l'œil; si l'éguille s'arrête sur le 100me degré, j'écris ce nombre sur la ligne B C, & en même tems la quantité de 70 toises qui ont été mesurées du point B au point C: Faisant ainsi tout le tour du marais, on marquera sur chaque ligne correspondante le nombre des degrez & des toises, par le moyen desquels on mettra au net le plan proposé en la maniere suivante, en se servant d'un rapporteur, ou demi-cercle, & d'une regle divisée en parties égales, ou bien d'un compas de proportion.

Angles observez	Angles soustraits.
30 degrez	Degrez.
100	70
130	30
240	110
300	60

Marquez de suite tous les Angles observez avec la boussole, & soustrayez le moindre du plus grand que vous marquerez entre deux, comme on voit en cette table.

Commencez par tracer la ligne indéfinie A B, sur laquelle vous porterez

50 parties égales de votre échelle, à cause des 50 toises, mesurées sur le terrain; faites au point B avec un rapporteur l'angle extérieur de 70 degrez & tirez la ligne indéfinie BC, sur laquelle vous marquerez de B en C 70 toises, qui ont été mesurées sur le terrain: faites au point C l'angle extérieur de 30 degrez, & tirez la ligne indéfinie CD, laquelle vous déterminerez de 65 toises de longueur, conformément à la mesure qui en a été trouvée. Faites pareillement au point D l'angle extérieur de 110 degrez, & tirez la ligne DE de 70 toises. Faites enfin au point E l'angle extérieur de 60 degrez, & tirez la derniere ligne AE de 94 toises, & le plan sera achevé.

Ensuite il sera facile de l'orienter, puisque vous savez quel angle fait l'éguille avec chaque côté du plan.

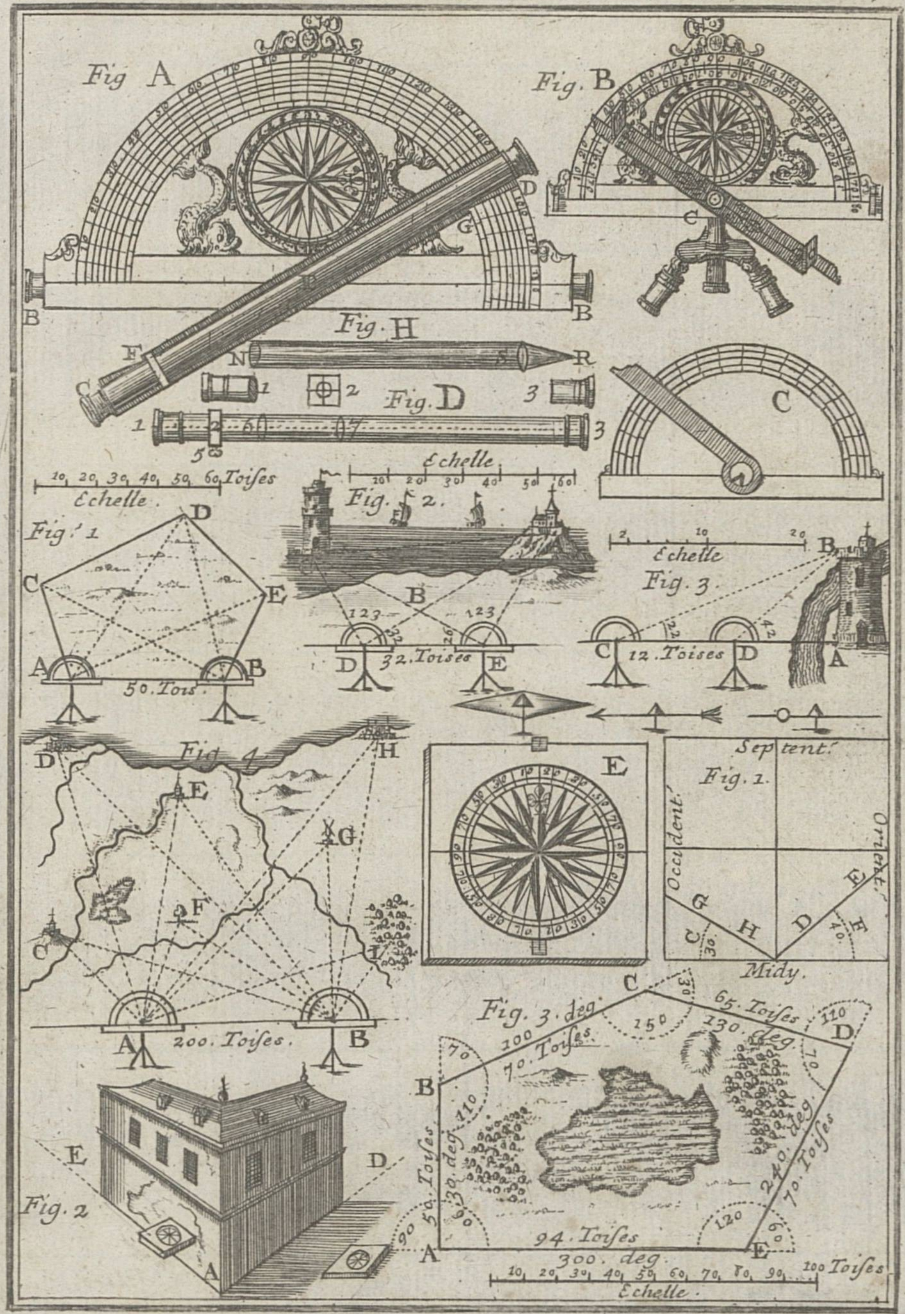
Remarquez que les angles soustraits vous donnent les angles extérieurs, & que leurs complemens sont les angles de la figure.

Remarquez aussi que tous les angles de la figure pris ensemble doivent faire deux fois autant d'angles droits, moins quatre, qu'elle a de côtez. Ainsi, par exemple, la figure de cet usage ayant cinq côtez, tous ses angles ajoutez ensemble font 540 degrez ou six fois 90, ce qui peut servir à prouver les operations.

On peut aussi lever les sinuositez d'une riviere avec la boussole, & même il est plus à propos de se servir de cet instrument que d'aucun autre. Il en est de même pour lever le plan d'un bois; dans ce cas la boussole est d'un bon usage, les operations sont à peu près les mêmes que celles que nous venons d'expliquer.

Cette maniere de lever un plan paroît assez expeditive, mais il y a bien de la difficulté de faire avec la boussole des operations fort exactes, à cause du fer caché qui se peut rencontrer dans les lieux où l'on est obligé de la placer.

Nous faisons encore pour ces usages une sorte de boussole qui est fort commode, dont la boète est de bois de poirier ou de cormier bien sec, de cinq à six pouces en quarré, & d'un pouce d'épaisseur. Le dedans est tourné comme celle de cuivre, on y met une rose des vents dans le fond, & on y place à la hauteur requise un cercle de laiton qu'on divise en 360 degrez. On y ajuste à un des côtez parallele à la ligne nord & sud, une regle de bois ou de cuivre, qu'on attache par le milieu de cette boussole par le moyen d'une vis, afin de rendre cette regle mobile, c'est-à-dire qu'elle hausse & baisse suivant que le terrain le demande. On ajuste aux extrémitez de cette regle deux pinules fendues. Le reste de la boussole est à l'ordinaire comme celle ci-devant, & les operations s'y font plus commodement, & plus surement, parce qu'il ne se trouve point de fer dans le bois, comme il peut s'en trouver dans le cuivre.


Fig A
Fig. B
Fig. H
Fig. D
C
Echelle
Toises
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
50. Tois.
32. Toises
12. Toises
Fig. 4
E
Sep tent.
Occident.
Orient.
Midy.
200. Toises
Fig. 3. deg.
65. Toises
200 Toises
70. Toises
130. deg.
94. Toises
300. deg.
240. deg.
70. Toises
Fig. 2

CHAPITRE VIII.

Usages des susdits instrumens de mathematique, appliquez à la fortification des places.

LA fortification est l'art de mettre un lieu en tel état, qu'un petit corps de troupes y puisse resister avantageusement à une armée considerable.

Les maximes qui servent de fondement à l'art de fortifier, sont de certaines regles generales établies par les Ingenieurs, fondées sur la raison & sur l'experience, dont nous parlerons ci-après.

L'Ingenieur principal ayant examiné l'étendue & la situation du lieu que l'on veut fortifier, communique son dessein par un plan & un profil, comme il paroît par la planche XVI; à quoi il ajoute ordinairement un devis, c'est-à-dire, un discours qui explique l'ordre & la qualité des materiaux qui doivent y être employez par les Entrepreneurs; lesquels ayant fait sonder en plusieurs endroits du lieu proposé, la nature du terrain, feront un marché de chaque toise d'ouvrage, par le moyen duquel l'Ingenieur pourra voir à peu près la dépense de tout l'ouvrage, le nombre des ouvriers necessaires pour l'execution, & le tems qu'il conviendra d'y employer pour le rendre parfait.

Le plan d'une fortification represente par plusieurs lignes tracées horisontalement ou de niveau l'enceinte de la place.

Ce dessein contient plusieurs lignes paralleles entre elles, mais le premier & principal trait, qui doit être marqué par une ligne plus apparente que les autres, represente la principale enceinte du corps de la place entre le rempart & le fossé : de sorte que par le plan & son échelle on connoît les longueurs & les largeurs de tous les ouvrages qui composent la fortification. Figure premiere.

Le profil represente les principaux traits qui paroîtroient sur une surface plane qui couperoit verticalement, & separeroit par le milieu tous ces mêmes ouvrages. Pour le tracer on a coutume de se servir d'une plus grande échelle que celle du plan, afin d'y pouvoir mieux distinguer leurs largeurs & leurs hauteurs ou profondeurs, comme il paroît par la figure 2.

Noms des principales lignes & des principaux angles qui forment le plan.

XVI. Planche. Fig. 1.

LA ligne AB se nomme côté extérieur du polygone.

LM, côté interieur du polygone.

LG, demi-gorge du bastion, dont EG est le flanc, AE la face, & AL la capitale.

GH est la courtine, & AH, la ligne de défense razante.

La figure ALGE represente un demi-bastion.

L'angle ANB est l'angle du centre.

L'angle KAB, l'angle du polygone.

L'angle IAE fait des deux faces, s'appelle angle flanqué ou angle du bastion.

L'angle A E G fait de la face & du flanc, se nomme angle de l'épaule.

L'angle E G H fait du flanc & de la courtine, se nomme angle du flanc.

L'angle E G B fait du flanc & de la ligne de défense razante, se nomme angle flanquant interieur.

L'angle E D F fait par les deux razantes qui s'entre-coupent vers le milieu de la courtine, s'appelle angle flanquant extérieur, ou angle de tenaille.

L'angle E H G fait de la courtine & de la ligne de défense razante, s'appelle angle diminué. Cet angle est toujours égal à celui qui est fait de la face du bastion & de la base, ou du côté extérieur.

Maximes fondamentales de la fortification.

CEs principales maximes se peuvent reduire à six.

La premiere est, qu'il n'y ait aucun endroit dans le contour d'une place qui ne soit flanqué ou défendu des flancs ; parce que s'il y avoit quelque endroit autour d'une place, qui ne fût pas vû & défendu par les assiegez, l'ennemi pourroit s'y mettre à couvert, & se rendre maître de la place en peu de tems.

Il s'ensuit de cette maxime, que l'angle flanqué, ou l'angle fait des deux faces du bastion trop aigu est defectueux, parce que sa pointe peut être facilement émoussée ou rompue par le canon des assiegeans, & qu'ensuite le mineur y peut travailler en sureté, pour en agrandir la breche.

C'est encore un pareil défaut d'arrondir la pointe des bastions, par la même raison.

La seconde est, que la force soit, autant qu'il est possible, également distribuée par tout ; parce que, s'il y a quelque endroit plus foible, ce sera par là que l'ennemi l'attaquera : c'est pourquoi si par la nature du terrain, un côté se trouve plus foible que les autres, on y ajoute quelque ouvrage, pour augmenter sa force, en multipliant sa deffense.

La troisiéme est, que les parties flanquées ne soient éloignées de celles qui les flanquent, que de la portée du mousquet ; c'est pourquoi la ligne de deffense, ou la distance de la pointe du bastion aux flancs des bastions voisins, ne doit guere exceder 125 toises, qui est la portée ordinaire des mousquets chargez à la hâte, comme sont ceux des soldats dans un siege.

La quatriéme maxime est, que les flancs des bastions soient assez grands pour contenir du moins trente mousquetaires de front, & quatre ou cinq pieces de canon montez sur leurs affuts, afin de bien deffendre toute la face du bastion, qui pourroit être attaquée par l'ennemi : & comme la principale deffense se tire des flancs, il est plus à propos qu'ils soient perpendiculaires sur la ligne de deffense, que de toute autre situation. Cette méthode a été enseignée par M^r le Comte de Pagan, & suivie par les plus habiles ingenieurs qui ont paru depuis, & particulierement par M^r le Maréchal de Vauban, qui par ses signalez services, a merité l'estime de tous les gens de guerre & habiles Ingenieurs de son tems.

La cinquiéme est, que la forteresse ne soit commandée d'aucun endroit, qui soit à la portée des armes à feu, qui sont le mousquet & le canon ; car au contraire, elle doit commander sur tous les lieux d'alentour.

La sixiéme est, que les ouvrages les plus proches du centre de la place, soient plus élevez & commandent à ceux qui en sont plus éloignez, afin que si l'ennemi vient à se rendre maître de quelque partie des dehors, ou de quelque ouvrage éloigné, il puisse en être repoussé par ceux qui deffendent le corps de la place.

Pour tracer sur le papier un plan fortifié, suivant la méthode du Compte de Pagan.

SOit, par exemple, proposé un exagone : tracez premierement la ligne AB de 180 toises, pour côté extérieur dudit exagone ; sur le point du milieu C, tirez à angles droits la ligne CD, de 30 toises ; tirez ensuite les lignes ADH, BDG, s'entre-coupantes au point D ; prenez sur votre échelle 55 toises, pour déterminer la longueur des faces AE, BF ; du point E tirez le flanc EG faisant angle droit au point G, à l'extremité de la ligne de défense razante BG, & pareillement l'autre flanc FH à angle droit sur AH ; tirez enfin la courtine GH, & vous aurez un côté dudit exagone fortifié : les autres côtez se fortifieront de même. Autour de ce côté de polygone ainsi fortifié, vous tracerez un fossé ici representé par les lignes AC, CB, paralleles aux faces des bastions, lesquelles se rencontrent vers le milieu de la courtine au point C : ce fossé doit avoir de largeur au moins vingt toises vis-à-vis les faces, & trois toises de profondeur. Les terres qui se tireront du fossé, serviront à former le rempart avec son parapet & le glacis du chemin couvert, ayant soin de conserver les terres les plus fines pour le parapet du corps de la place & celui du chemin couvert ; car si ces terres étoient pierreuses, les boulets de canon tirez par les assiegeans contre ces parapets, feroient sauter les pierres, & accableroient les soldats qui défendent le corps de la place : au contraire, quand ces terres sont fines & épurées de pierres, le boulet ne fait que son trou & s'y enterre, pourvû toutefois qu'il y ait assez d'épaisseur pour l'amortir. L'experience a fait connoître qu'il faut environ vingt pieds d'épaisseur de terre bien battue, pour mettre un parapet à l'épreuve du canon.

XVI. Planche. Fig. 1.

Le parapet se construit sur le rempart large de quatre toises, y compris la banquette, & se trace parallele aux faces, flancs & courtines qui forment l'enceinte de la place.

Mais pour le rempart on lui donne 15 toises de largeur par sa base, & on le trace parallele aux courtines seulement, afin que les bastions soient pleins, & que l'on y trouve de la terre quand on en a besoin pour faire quelque retranchement.

Quand on laisse quelque bastion vuide, on y construit des soufterrains bien voutez, à l'épreuve de la bombe, que l'on recouvre de terre bien battue, & on tâche de faire en sorte que l'eau de la pluie n'en penetre point les voutes, afin que les provisions que l'on serrera dans ces sousterrains s'y puissent conserver en tout tems.

Le chemin couvert se trace parallele au-dehors du fossé, large d'environ cinq toises ; on y fait un parapet de six pieds de hauteur, & un banquete au pied dudit parapet, de trois pieds de large, & un pied & demi de haut, afin que les soldats puissent tirer commodément leurs armes à feu pardessus le parapet, dont le dessus doit être en glaçis, c'est-à-dire, ayant une

pente douce, qui ne se termine qu'à 20 ou 30 toises dans la campagne ; & il faut faire en sorte qu'autour de ce glacis, qui doit environner toute la place & loin par delà s'il se peut, il n'y ait aucun lieu creux, où l'ennemi se puisse mettre à couvert. C'est pourquoi quand un Ingenieur visite les fortifications d'une place, il a grand soin d'en examiner les environs, pour faire combler tout ce qui se trouve de chemin creux, du moins à la portée du mousquet au-delà du chemin couvert ; & en même tems fait razer tout ce qui s'y trouve de trop élevé, afin que ceux qui deffendent la place puissent découvrir tous les environs.

Pour tracer le profil d'une place fortifiée.

IL faut premierement construire une échelle de 20 ou 30 toises, assez étendue, pour qu'une toise y soit d'une grandeur sensible.

Fig. 2. Tirez ensuite la ligne indéfinie O N, representant le niveau de la campagne, prenez sur votre échelle 15 toises, que vous porterez de O en Q, pour marquer la base du rempart; portez de Q en R 20 toises, pour la largeur du fossé, vis-à-vis une des faces de bastion, car il est plus large vis-à-vis la courtine; portez 5 toises de R en P, pour la largeur du chemin couvert; & enfin, 20 ou 30 toises de P en N, pour la base du glacis ; les plus longs sont les meilleurs.

Après avoir déterminé les largeurs ou épaisseurs, il faut marquer les élevations au-dessus du niveau de la campagne, & les enfoncemens au-dessous du même niveau, comme nous allons faire.

Prenez trois toises sur ladite échelle, élevez sur les points O & Q des perpendiculaires de cette hauteur, pour élever au-dessus du niveau, le terre-plein du rempart, dont O S est le talud intérieur, ou la rampe pour monter de la Ville sur le terre-plein du rempart S T, qui a six ou sept toises de large, pour conduire & voiturer commodément les canons sur leurs affuts, & toutes les munitions necessaires pour la deffense de la place. La rampe ou montée du rempart, doit être fort aisée vis-à-vis la gorge des bastions, de sorte que les chariots y puissent monter & en descendre facilement.

Aux terres nouvellement remuées, on fait la base du talud O Z égale à la hauteur des terres, de sorte que si la hauteur a trois toises, la base du talud a aussi trois toises; c'est ce que l'on fait tout le long des courtines au talud intérieur du rempart.

Mais à l'entrée des bastions, il faut du moins doubler la base du talud; c'est-à-dire, que pour une hauteur de trois toises, il faut faire la base du talud, au moins de six ou huit toises, pour qu'un chariot y puisse monter.

Lorsque le rempart est formé, & que les terres en sont suffisamment rassises, ce qui ne se peut faire qu'avec le tems & la précaution de les bien battre de deux pieds en deux pieds de hauteur, & afin que les terres se puissent lier ensemble, on y étend d'espace en espace un lit de fascines; on construit sur les terres du rempart un parapet, auquel on donne six pieds de hauteur intérieure, & quatre pieds de hauteur extérieure, afin que le dessus des terres ait une pente douce, qui serve à découvrir tout ce qui est au-delà du fossé, & qu'étant monté sur la banquete, on puisse voir le chemin couvert, & le deffendre en cas d'attaque.

La

La base du parapet X Y, doit avoir environ quatre toises de largeur, afin que le haut diminué de ses deux taluds, ait encore au moins vingt pieds de large. Au bas du talud intérieur du parapet, on fait une banquete de trois pieds de largeur, & un pied & demi de haut, afin que le parapet ait quatre pieds & demi de hauteur au-dessus de la banquete, ce qui suffit pour que les soldats puissent tirer commodément leurs armes à feu par-dessus le parapet.

Il faut avoir grand soin de battre les terres du parapet de pied en pied de hauteur avec des lits de fascines; & afin de ne pas donner un si grand talud aux terres du parapet, on a coutume de le revêtir de bons gazons de terre grasse, que l'on coupe avec une bêche de jardinier, tous égaux, sur la superficie d'un pré, choisi aux environs de la place; leur longueur est d'environ 15 pouces sur 10 de large. Pour placer les gazons, il faut asseoir le premier lit bien de niveau tout le long d'une étendue de plusieurs toises, & poser ceux du second en sorte que tous les joints du premier soient recouverts des gazons qui font le second lit, & les joints du second pareillement recouverts des gazons du troisiéme lit, & ainsi des autres, afin que le tout fasse bonne liaison.

Il suffira de donner deux pouces de talud par pied de hauteur, à l'intérieur du parapet, & environ quatre pouces par pied au talud extérieur dudit parapet. Il faut un jardinier adroit, pour conduire cette sorte d'ouvrage; c'est-à-dire, pour couper les gazons, & les placer comme il convient.

Au bas ou pied du talud extérieur du parapet & du rempart, on laisse une petite berme marquée Q, d'environ quatre pieds de large, pour retenir les terres qui peuvent se détacher du talud.

La pente Q B represente le talud intérieur des terres du fossé, qui a trois toises de profondeur, B K en est le talud extérieur. Si ces terres sont mouvantes, il faut leur donner assez de pente, pour qu'elles restent sans s'ébouler ou retomber dans le fossé. Mais si elles sont fermes, & qu'elles puissent facilement rester sans retomber, on leur donne moins de talud. La ligne K P represente le terre-plein du chemin couvert, qui doit avoir cinq toises de largeur. P A represente le parapet du chemin couvert, avec sa banquete au pied: le tout doit avoir six pieds de hauteur, pour mettre à couvert ceux qui sont sur le chemin couvert.

La pente supérieure du glacis A N, doit être de terres douces, dont on ôte les pierres, s'il y en a, avec un rateau de fer, & on les enterre au pied du glacis, afin que quand l'ennemi fera tirer le canon sur ledit glacis, les boulets s'y enfoncent sans faire réjaillir les éclats de pierres dans le chemin couvert.

Pour tracer le plan d'une fortification sur la terre.

XVI. Planche. Fig. 1.

SOit proposé, par exemple, le plan de la figure premiere, à tracer sur la terre.

Au lieu de compas & de regle, il faut employer les piquets, la toise & les cordeaux: c'est pourquoi, après avoir bien examiné le terrain, & consideré où l'on doit placer les bastions & les portes, qui se font pour l'ordinaire au milieu des courtines, il faut premierement planter de longs

piquets aux endroits où l'on prétend placer les angles flanquez des bastions, & il est à propos d'y faire toute l'attention necessaire, avant que de commencer.

Ayant donc planté perpendiculairement un long piquet sur le terrain, à l'endroit où l'on a resolu de placer la pointe du bastion, marquée A, on fera mesurer bien exactement avec une toise, ou avec une chaîne de cinq toises, jusqu'à 90 toises, au bout desquelles on plantera un piquet marqué C, & l'on continuera vers le lieu où l'on prétend placer la pointe du bastion B, en mesurant encore 90 toises, au bout desquelles on plantera un autre piquet, qui marquera la pointe du bastion B.

Pendant que l'on mesurera avec les chaînes ou cordeaux, il faut faire suivre quelque ouvrier avec un pic à la main, qui fasse sur le terrain une trace ou sillon, continué de piquet en piquet, avant qu'on leve les cordeaux.

Après quoi il faudra retourner au piquet C, pour y faire une perpendiculaire sur la trace A C B.

Pour tracer ladite perpendiculaire, mesurez avec la toise de C en A deux ou trois toises, & au bout plantez-y un piquet; mesurez pareillement de C vers B un nombre égal de toises, au bout desquelles vous planterez un second piquet : ayez deux cordeaux bien égaux, qui ayent chacun un nœud à un de leurs bouts; faites entrer un de ces nœuds autour de chacun des piquets, que vous venez de planter, & tenant à votre main les deux autres bouts des cordeaux égaux, étendez-les jusqu'à ce qu'ils se joignent sur le terrain, & au point de leur jonction plantez un troisiéme piquet; mettez enfin un cordeau au piquet C, prolongez-le tant qu'il sera besoin, le faisant passer par ce troisiéme piquet, & faites tracer un sillon le long du cordeau, il sera perpendiculaire sur la ligne A C B.

Du point C faites mesurer 30 toises le long de ce sillon, & au bout de ces 30 toises, plantez-y un long piquet bien à plomb, qui marquera le point D de votre plan.

Retournez au piquet A, d'où étant bien alligné au piquet D, faites tracer un sillon le long de cet allignement, vous servant pour cet effet d'un piquet que vous ferez mettre à plomb entre A & D, devant les yeux de l'ouvrier qui trace le sillon; faites mesurer le long dudit sillon cinquante cinq toises du piquet A, allant vers D, pour la longueur de la face du bastion A E; faites planter un long piquet au point E, pour y marquer l'angle de l'épaule.

Allez au piquet B, & faites-y les mêmes operations, pour tracer la face B F, & plantez un piquet à l'angle de l'épaule F.

Prolongez l'allignement B F de D, allant vers G; & de même l'allignement A E de D vers H; mesurez avec l'échelle du plan les lignes D G, D H, portez sur le terrain leurs justes longueurs de D en G & en H, où vous planterez des piquets : après quoi il sera facile de tracer sur la terre les flancs E G, F H, & la courtine G H.

Vous aurez par ce moyen un front de place fortifiée, tracé sur le terrain; les autres se traceront de même avec les piquets & cordeaux, il ne sera pas hors de propos d'examiner avec un demi-cercle ou un recipiangle, si les angles du plan tracé sont égaux à ceux du plan destiné, & de le rectifier avant que d'y mettre les ouvriers. Il faut aussi de tems en tems prendre

garde si les traces sont suivies exactement; car sans ces précautions, il s'y pourroit faire beaucoup de difformitez, qu'il seroit très difficile de corriger.

De la construction des dehors.

LEs dehors, en terme de fortification, sont des ouvrages élevez, que l'on construit au-delà du fossé d'une place fortifiée, pour la couvrir & en augmenter la défense. Fig. P.

Les plus ordinaires & les plus communs entre ces sortes d'ouvrages, sont les ravelins ou demi-lunes qui se forment sur l'angle flanquant de la contrescarpe entre deux bastions, & devant la courtine, pour couvrir les portes & les ponts qui se font ordinairement au milieu des courtines, comme les figures P P le montrent.

Les ravelins sont composez de deux faces, garnies d'une banquete ou deux, ou d'un bon parapet élevé du côté de la campagne & de deux demi-gorges, sans parapet, du côté de la ville, avec une ouverture & un talud, pour monter du grand fossé sur le terre-plein du ravelin.

On bâtit en chaque ravelin un corps-de-garde, pour mettre à l'abri des injures du tems, les soldats necessaires pour le garder & le défendre; mais il est à propos que ce corps-de-garde soit en forme de reduit, avec des crenaux tout autour, pour que les soldats, en cas d'assaut, s'y puissent retirer & obtenir quelque capitulation, avant que de rendre les armes.

Pour tracer un ravelin devant une courtine, ouvrez le compas de la grandeur du côté intérieur du polygone; arrêtez une des pointes du compas ainsi ouvert, sur une des extremitez de ladite ligne, & de l'autre pointe décrivez un arc au-delà de la contrescarpe; arrêtez de même une pointe du compas sur l'autre extremité du côté intérieur, & de l'autre pointe tracez un second arc, coupant le premier en un point qui marquera la pointe ou l'angle flanqué du ravelin; mettez une regle sur ce point d'intersection & sur chacune des extremitez dudit côté intérieur, pour tracer les faces du ravelin, qui se termineront à droite & à gauche sur le bord de la contrescarpe. Les deux demi-gorges se tireront de l'extremité de chaque face, jusqu'à l'angle rentrant de ladite contrescarpe.

Mais pour que l'angle flanqué du ravelin ne soit pas trop aigu, ne donnez qu'environ quarante toises à sa capitale R S; & faites le reste, comme nous venons de dire.

On place quelquefois un semblable ouvrage devant la pointe d'un bastion; & comme sa gorge est bâtie sur le bord de la contrescarpe, que l'on arrondit ordinairement vis-à-vis la pointe des bastions, on donne à cet ouvrage le nom de demi-lune, parce que sa gorge est en forme d'arc: l'on confond souvent l'un avec l'autre, & la plupart des soldats donnent, sans distinction, le nom de demi-lune aux ravelins qui se font devant les courtines.

Le défaut de cet ouvrage est, qu'il est trop éloigné des flancs des bastions, pour en être suffisamment défendu; c'est pourquoi on ne fait point de demi-lune devant la pointe d'un bastion, à moins que l'on ne fasse en même tems d'autres dehors à droite & à gauche devant les courtines voisines, qui la puissent défendre.

Il est à propos que ces ouvrages soient revêtus de murailles, aussi-bien

que le corps de la place; car quand ils ne sont pas revêtus, on est obligé de donner un si grand talud aux terres, qu'il est facile de monter dans l'ouvrage par son talud.

Cependant il faut laisser rasseoir du moins un an ou deux les terres nouvellement remuées, avant que de les revêtir, afin qu'elles s'affaissent peu à peu, & que dans la suite elles ne renversent pas les murailles qui leur servent de revêtement.

Construction des ouvrages à corne.

XVI. Planche. Fig. 3.

CEs sortes d'ouvrages se font ordinairement devant les courtines, & comme ils sont de plus grande dépense que les ravelins, ils ne se font pas sans necessité; soit pour couvrir quelque endroit de la place, plus foible que les autres; soit pour occuper une hauteur, qu'on n'a pû renfermer dans le corps de la place.

Pour le tracer, tirez premierement sur le milieu de la courtine, la perpendiculaire 1, 2, longue à discretion; & à cette ligne deux paralleles sur les angles des épaules des bastions voisins de la courtine 3, 4, 5, 6. Ces deux paralleles, que l'on appelle les aîles de l'ouvrage à corne, doivent tirer leurs défenses des faces de ces bastions; c'est pourquoi leur longueur ne doit guere passer 120 toises, à compter des épaules. Par les extremitez des aîles, tirez la ligne 4, 6, qui sera le côté extérieur de l'ouvrage à corne, & qui se trouvera divisé en deux parties égales au point 7, par la perpendiculaire 1, 2: prenez avec un compas la moitié dudit côté extérieur, & la portez sur les longs côtez de 4 en 8, & de 6 en 9, tirez les lignes 4, 9, & 6, 8, qui se croisant au point 10, forment l'angle de tenaille; ce qui represente un ouvrage, que l'on appelle tenaille simple, qui se place assez ordinairement devant les courtines avec un petit ravelin au-delà du fossé, entre les deux angles saillans & vis-à-vis le milieu de l'angle rentrant, ou de tenaille.

Mais pour renforcer cet ouvrage, on y ajoute deux demi-bastions & une courtine entre deux; ce qui vaut mieux que deux simples angles rentrans.

Pour tracer les demi-bastions, divisez la ligne 4, 10 en deux parties égales au point 11; & de même la ligne 10, 6 au point 12; des points 11 & 12, tirez jusqu'au milieu de la courtine de la place, où est le point 1, les lignes occultes 12 1, 11 1, & par ce moyen vous aurez la petite courtine 13 14 de l'ouvrage à corne, les deux flancs 11 13, 12 14, & les deux faces 11 4, 12 6.

Les côtez de ces ouvrages qui sont tournez du côté de la campagne, comme sont les demi-bastions, la courtine & les aîles de l'ouvrage à corne, doivent être munis d'un bon parapet de terre douce bien batue, de 18 à 20 pieds d'épaisseur, & de 6 pieds de hauteur par devant y compris la banquete, de même que celui du corps de la place, en observant toutefois que les parapets des ouvrages les plus proches du centre de la place doivent toujours être plus élevez au-dessus du niveau de la campagne, que ceux des ouvrages plus éloignez, afin que quand les assiegeans se seront emparé de quelque dehors, les assiegez, qui défendent le corps de la place, les voyant tout à découvert, puissent les empêcher d'y rester & de s'y loger.

Ces parapets doivent être soutenus d'un rempart, dont le terre-plein, qui porte la banquete, ait 3 ou 4 toises de largeur; mais quand la terre manque, on se contente de construire plusieurs banquetes l'une sur l'autre de 18 pouces de haut & de 3 ou 4 pieds de large; & au-dessus de la plus haute banquete, le parapet doit avoir environ quatre pieds & demi de hauteur, pour couvrir les soldats jusqu'aux épaules; le dessus du parapet doit être en glacis, qui baisse peu à peu vers la campagne, afin que les assiegez puissent voir l'ennemi, & tirer dessus sans être vûs.

Les parties de ces ouvrages, qui sont du côté de la place, doivent être sans parapet, mais seulement fermez d'un simple mur, ou d'une rangée de palissades, pour éviter les surprises de l'ennemi; & c'est de ce côté là que doit être la porte, pour communiquer du corps de la place dans l'ouvrage, & le corps-de-garde, pour mettre à couvert les soldats destinez pour la défense.

Tous ces ouvrages doivent être environnez d'un fossé large de dix à douze toises, qui communique avec le fossé du corps de la place, & qui soit aussi profond.

Au-delà du fossé on fait un chemin couvert large de cinq à six toises avec un parapet & sa banquete, que l'on garnit ordinairement d'une enceinte de fortes palissades enfoncées dans la terre à trois ou quatre pieds de profondeur. Le dessus de ce parapet, qui va en glacis, se doit terminer à la campagne; & si l'on peut le prolonger de vingt ou trente toises, il n'en sera que mieux: car un glacis ne peut pas être trop long; puisque par son moyen l'ennemi ne peut approcher de la place, qu'il ne soit entierement découvert.

De la méthode de fortifier les places de Mr le Marechal de Vauban.

QUoique cette maniere de fortifier ne differe guere de celle du Comte de Pagan, cependant nous en dirons ici quelque chose en abregé pour faire connoître la difference de l'une d'avec l'autre.

L'experience a fait connoître que le flanc formé par la corde d'un segment, qui a pour centre l'épaule du bastion opposé, est le meilleur de tous; les coups qu'on en tire sont droits, le service du canon en est facile & le mousquetaire n'est point gené. C'est ce que Mr de Vauban a suivi dans les places qu'il a fait fortifier. Dans le flanc on fait un concave qui est tellement couvert par l'orillon, qu'il ne peut être battu de front que de sa largeur; encore lui reste-t-il de l'artillerie cachée qui défend le fossé & qui bat de revers dans la breche.

On construit l'orillon à l'épaule du bastion sur la troisiéme partie de son flanc, & pour en trouver le centre on éleve une perpendiculaire au-dedans du bastion sur le milieu de cette troisiéme partie, & de l'extrémité de la face on éleve une seconde perpendiculaire, qui venant à couper la premiere, donne par sa section le centre de l'orillon; ce centre est le même que le centre d'un cercle auquel la face prolongée serviroit de tangente, & la seconde perpendiculaire du sinus total ou demi-diametre. C'est dans les orillons qu'on fait les fausses portes pour les sorties, & pour le service des dehors & du fossé: on appelle dehors tous les ouvrages séparez du corps de la place.

Pour faire le concave du flanc, on prolonge la ligne de défense de cinq toises dans le bastion à l'extrémité de la courtine; ensuite on fait une

autre ligne de cinq toises, qui commence à l'orillon, & qui rentre dans le bastion. On fait cette ligne en mettant la regle sur l'angle flanqué du bastion opposé, & sur l'extrémité de l'orillon, puis on prend pour centre du concave, un angle de 60 degrez. C'est-à-dire que l'espace qui est entre les deux prolongemens sert de côté à un triangle équilateral, dont l'angle opposé à ce côté sert de centre au concave. On place le canon au concave des flancs; dans son parapet on fait des coupures, qu'on nomme embrasures; ce qui reste de terre entre chaque embrasure est appellé merlon.

La principale action du flanc est de nettoyer le fossé, les demi-lunes, & quelques angles saillans du chemin couvert, communément appellé contrescarpe; ce chemin environne la place & ses dehors, il est compris entre le fossé & un parapet qui l'empêche d'être vû de la campagne. Par cette méthode on a toujours deux pieces d'artillerie cachées, dont l'une nettoie le chemin couvert & la demi-lune, & l'autre bat dans la breche de l'angle flanqué du bastion & dans les retranchemens qu'on y fait. (La petite figure 4[me] fera connoître une fortification à orillons).

Pour second flanc, on fait une tenaille à l'abri de toute insulte; M[r] de Vauban a reconnu que la simple étoit plus utile que la tenaille à flanc; que les ruines n'incommodoient point ceux qui la défendent : c'est entre elle & la courtine qu'au sortir de la fausse porte de l'orillon on range en bataille les troupes destinées pour le service des dehors. Le petit fossé de deux toises de largeur qui separe la tenaille dans son milieu sert à faire défiler le soldat, & quoique la tenaille soit separée en deux parties par un fossé elle conserve son nom, & doit être régardée comme un seul ouvrage à cause du petit pont qui rend son service aussi aisé que si elle n'étoit point separée.

On fait aussi des caponieres dans le fossé au milieu des tenailles, c'est un double chemin couvert palissadé de part & d'autre par où les troupes passent pour gagner les dehors: ce double chemin est large de 12 pieds, ses parapets sont élevez de trois pieds au-dessus du niveau du fossé, on leur donne seulement une banquete à chacun. Ces sortes d'ouvrages sont excellents pour empêcher le passage du fossé; au sortir de la caponiere, le soldat doit être à couvert du feu des ennemis logez sur le glacis, on le couvre en coupant parallelement à la courtine la gorge de l'ouvrage où aboutit la caponiere, la plupart des dehors ont besoin de cette précaution.

Par la méthode de M[r] de Vauban, on a quatre flancs; celui de la place qui est concave, celui de l'orillon, & ceux de la tenaille & de la caponiere; & quand le bastion a un cavalier, c'est un cinquiéme flanc. (La petite figure 5[me] fait connoître la construction de la tenaille & de la caponiere).

Les dehors dont nous venons de parler, sont les plus ordinaires; il s'en fait neanmoins de plusieurs autres sortes, dont nous ne parlerons point ici, cette matiere demanderoit seule un gros volume, ceux qui voudront s'en éclaircir plus à fond pourront voir d'excellens livres faits sur ce sujet, comme aussi examiner avec soin le plan de la Ville du neuf Brisak, & le détail exact de chacune de ses parties, qui sans contredit est la plus réguliere & la mieux fortifiée du royaume, & où M[r] le Marechal de Vauban a employé tout ce que l'art & la science a pû imaginer.

Méthode pour toiser les ouvrages des fortifications.

LEs terres dont se forment les remparts & les parapets, se tirent ordinairement des fossez que l'on fait autour de la place; & pour en

connoître la quantité, on mesure le vuide des fossez, & on le reduit en toises cubes, dont on paye l'excavation & le transport aux entrepreneurs, suivant le prix convenu.

Comme, par exemple, si le fossé, vis-à-vis la face d'un bastion, a 50 toises de long, 20 toises de large, & 4 de profondeur ; on multiplie la longueur 50 par la largeur 20, le produit sera 1000 toises quarrées, lesquelles on multiplie par 4 toises de profondeur, ce qui fait 4000 toises cubes.

Il faut remarquer, que comme on est obligé de donner un grand talud aux terres, afin qu'elles puissent rester sans s'ébouler, ce fossé doit être bien plus large par le haut que par le bas : C'est pourquoi, si l'on veut que le fossé ait vingt toises de largeur par le milieu de la profondeur, il faut lui donner par le haut, au moins 22 toises de largeur, & 18 par le bas ; ces 22 toises ajoutées à 18, font 40, dont la moitié 20 est la largeur réduite.

A l'égard de la profondeur, comme il y a souvent des creux & des butes sur la face de la terre, on oblige les ouvriers de laisser en creusant au travers du fossé, quelques bandes de terre, pour servir de témoins de la hauteur des terres, jusqu'à ce que le tout soit mesuré ; & quand il y a dans un atelier plusieurs témoins, d'espace en espace, on prend les hauteurs perpendiculaires de chacun, on les ajoute ensemble, & on divise la somme par le nombre des témoins. Si, par exemple, on a ajoûté ensemble six hauteurs, on prend la sixiéme partie de la somme pour la hauteur réduite.

La massonnerie qui soutient les terres, doit avoir de l'épaisseur à proportion de sa hauteur, on lui donne aussi un talud d'environ un pied par toise de hauteur.

Si, par exemple, on bâtit un mur pour soutenir les terres du rempart de la place, & que ce mur ait six toises de hauteur, la moindre épaisseur que l'on puisse donner par le haut, est de trois pieds, & par le bas neuf pieds d'épaisseur, au-dessus de la fondation, à cause de son talud, qui est d'un pied par toise : or ces deux épaisseurs, 9 & 3 font 12, dont la moitié 6 pieds, sera l'épaisseur réduite de ce mur : & par consequent, pour revêtir la face d'un bastion, qui a 50 toises de long, 6 toises de haut, & une toise d'épaisseur réduite, il faut 300 toises cubes de massonnerie, sans y comprendre la fondation, que l'on ne peut pas déterminer sans connoître le terrain. Outre cela, on a coutume de faire des contreforts, pour soutenir les terres, & les empêcher de trop peser contre le mur du revêtement : Ces contreforts doivent être fondez sur la terre ferme, & entrer dans les terres remuées, au moins d'une toise de long; on leur donne sept à huit pieds de large à la racine, c'est-à-dire, du côté où ils sont attachez au mur du revêtement, & quatre à cinq pieds à la queue qui s'avance dans les terres du rempart, ce qui revient à une toise de surface, en supposant, comme nous venons de dire, sept pieds à la racine, & cinq pieds à la queue, qui font douze pieds, dont la moitié six pieds est l'épaisseur reduite ; & supposant quatre toises de hauteur l'un portant l'autre, chaque contrefort aura quatre toises cubes. Et comme on n'en doit pas faire moins de dix dans une étendue de cinquante toises, la massonnerie de dix contreforts reviendra à quarante toises cubes : de telle sorte que pour revêtir de murailles les deux faces & les deux flancs d'un bastion, on peut compter environ

mille toises cubes de maſſonnerie : & pour revêtir une courtine, qui a quatre-vingt toiſes de longueur, il faut compter environ ſix cens toiſes cubes de maſſonnerie : de là on pourra facilement eſtimer ce qu'il en faut pour le revêtement de toute une place. Remarquez qu'il vaut mieux faire l'eſtimation plus forte que trop foible ; car ſi on a trop de fonds, il ſert pour ſubvenir aux dépenſes imprévûes.

Il nous reſte encore à parler du toiſé de la charpente, dont on a beſoin pour conſtruire les ponts & les portes, & autres ouvrages de cette nature.

Pour meſures les bois de charpente, on les reduit en ſolives.

La ſolive eſt une piece de bois ayant 12 pieds de longueur & 36 pouces quarrez de ſurface, c'eſt-à-dire, ſix pouces de largeur ſur ſix de groſſeur, ce qui revient à trois pieds cubes de bois, qui font la 72me partie d'une toiſe cube.

Dans les ouvrages de fortification on compte les longueurs des pieces de bois miſes en œuvre, comme elles ſont, y compris les tenons.

Nous donnerons ici deux manieres d'en faire le calcul, afin que l'une puiſſe ſervir de preuve à l'autre.

La premiere, eſt de réduire en pouces la groſſeur de la piece de bois, c'eſt-à-dire, les pouces de ſa largeur & de ſon épaiſſeur, & après avoir multiplié ces deux quantitez, l'une par l'autre pour en faire des pouces quarrez, on multiplie le produit par les toiſes, pieds & pouces de la longueur, on diviſe ce dernier produit par 72, le quotien donne le nombre des ſolives que contient la piece de bois.

La raiſon de cette pratique, eſt que 72 chevilles d'un pouce de gros ſur une toiſe de long, font une ſolive.

Suppoſons, par exemple, qu'il faille réduire en ſolives une poutre ayant de longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros ; il faut multiplier 15 par 12, le produit eſt 180 pouces quarrez, leſquels il faut encore multiplier par 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, le produit eſt 495, lequel diviſé par 72, donne pour quotien 6 ſolives & 7 huitiémes.

La ſeconde méthode, pour réduire les bois de charpente en ſolives, eſt fondée ſur ce que la ſolive contient trois pieds cubes, ou la 72me partie de la toiſe.

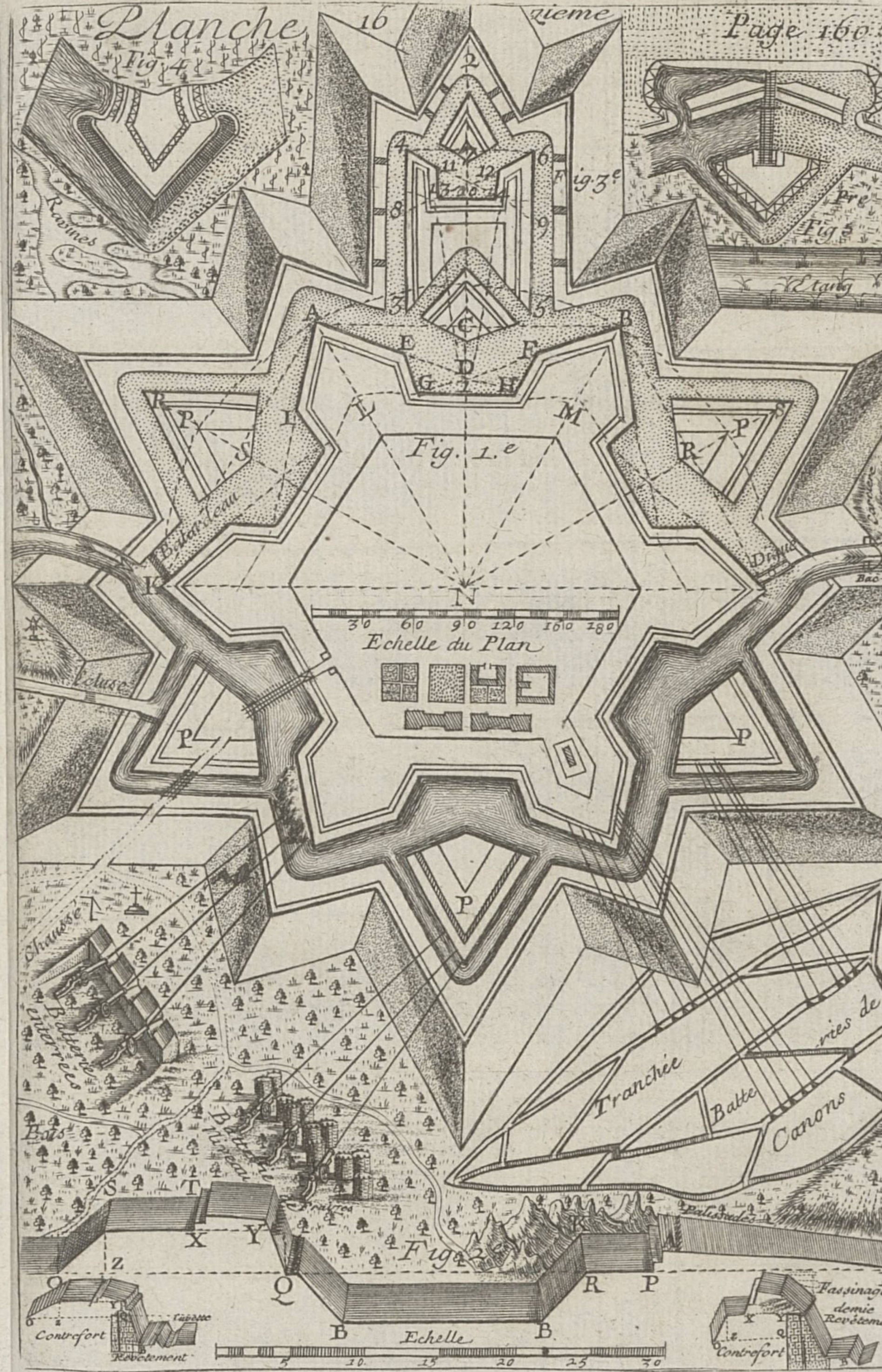
Elle ſe pratique de la maniere ſuivante : multipliez les pouces de ſon équarriſſage, les uns par les autres, c'eſt-à-dire, les pouces de ſa largeur par ceux de ſon épaiſſeur, & du produit prenez-en le douziéme, que vous multiplierez par la longueur de la piece ; ce dernier produit ſera le nombre des ſolives, & parties de ſolive.

Soit pour exemple, la même piece de bois ayant de longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros ; en multipliant 15 par 12, le produit eſt 180 pouces quarrez.

La douziéme partie de ce nombre eſt quinze, qui étant conſiderez comme des pieds font deux toiſes trois pieds, leſquels multipliez par la longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, font enfin 6 ſolives 5 pieds & 3 pouces ; de ſorte qu'il ne s'en manque que neuf pouces ou la huitiéme partie d'une toiſe pour faire ſept ſolives, comme dans le calcul de la premiere méthode.

Fin du quatriéme Livre.

DE


Fig. 4
Fig. 3e
Fig. 5
Fig. 1.e
Echelle du Plan
Tranchée
Batte ries de Canons
Fig. 2
Echelle
Contrefort
Revêtement
Fassinage
demie Revêtement

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS DIFFERENS NIVEAUX POUR LA CONDUITE DES EAUX

Comme aussi des instrumens servans à l'Artillerie.

LIVRE CINQUIEME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages de plusieurs niveaux.

Construction du niveau à l'eau.

XVII. Planche. Fig. A.

LE premier de ces instrumens est un niveau d'eau. Il est composé d'un tuyau rond de cuivre ou autre matiere, long d'environ trois pieds, sur douze à quinze lignes de diametre : Il est recourbé par les bouts à l'équerre pour y recevoir deux tuyaux de verre de trois ou quatre pouces, que l'on fait tenir avec de la cire ou du mastic. Il y a par dessous une virolle attachée au milieu, pour le placer sur son pied.

On y verse de l'eau ordinaire, ou colorée, par un des bouts jusqu'à ce qu'il y en ait assez pour paroître dans les deux tuyaux de verre.

Ce niveau, quoique fort simple, eſt très-commode pour niveler de moyennes diſtances.

Il eſt fondé ſur ce que l'eau ſe place toujours naturellement de niveau; c'eſt pourquoi il n'eſt pas neceſſaire qu'elle ſoit également éloignée des extremitez des deux tuyaux de verre; car elle s'y mettra toujours d'égale hauteur, par rapport au centre de la terre.

Fig. B. Le niveau d'air marqué B, eſt un tuyau de verre bien droit, d'égale groſſeur & épaiſſeur par tout.

Il s'en fait de differente longueur & groſſeur à proportion; on le remplit à quelque goute près, d'eſprit de vin ou d'autre liqueur qui n'eſt point ſujette à ſe geler. Les bouts de ce tuyau ſont terminez en pointe & fermez hermétiquement; c'eſt-à-dire, que le bout par lequel on a verſé l'eſprit de vin, a été enſuite bouché avec le verre même, en le tortillant au rayon du feu vif d'une lampe que l'on ſoufle pour le rendre bien ardent, par le moyen d'un chalumeau.

On connoît que cet inſtrument eſt parfaitement de niveau, lorſque la goute d'air s'arrête juſtement au milieu; car quand il n'eſt pas de niveau, la goute d'air, comme plus legere, court vers le haut, pour remplir le vuide.

Conſtruction du niveau d'air monté.

CEt inſtrument eſt compoſé d'un niveau d'air d'environ huit pouces de long ſur ſept à huit lignes de diametre, marqué 1. Il eſt enchâſſé dans un tuyau de cuivre, marqué 2, qui eſt évuidé dans ſon milieu, afin que l'on puiſſe voir au-deſſus la bulle d'air.

Fig. C. Il eſt porté ſur une forte regle bien droite d'environ un pied de long, aux extremitez de laquelle ſont placées deux pinules juſtement de même hauteur & ſemblables à celle marquée 3, qui eſt vûe de front; elle a une ouverture quarrée, dans laquelle il y a deux filets de cuivre très-délicatement limez, qui ſe croiſent à angles droits. On y perce un petit trou au milieu, & on y attache une petite piece de cuivre mince, avec un petit clou à tête, afin de boucher l'ouverture quarrée, quand il eſt beſoin. Cette piece eſt percée d'un petit trou qui répond à celui qui eſt au milieu des filets. Le tuyau de cuivre eſt attaché ſur la regle par le moyen de deux vis, dont l'une marquée 4, ſert à lever ou baiſſer le tuyau, tant & ſi peu que l'on veut pour le placer de niveau & le faire accorder avec les pinules.

La boule du genou eſt rivée à une petite regle, qui fait reſſort, & eſt attachée par un de ſes bouts avec deux vis à la grande regle, & à l'autre bout il y a une vis à oreille, marquée 5, qui ſert à hauſſer ou baiſſer tout l'inſtrument quand il y a peu de choſe à changer.

La maniere d'ajuſter ce niveau eſt facile. Il n'y a qu'à le placer ſur ſon pied, de maniere que la goute d'air ſoit juſtement au milieu du tuyau; alors fermant la pinule du côté de l'œil, & ouvrant l'autre, le point de l'objet qui eſt coupé par le filet horiſontal eſt de niveau avec l'œil; & pour connoître ſi le niveau d'air eſt bien d'accord avec les pinules, il n'y a qu'à retourner l'inſtrument bout pour bout, fermer la pinule qui étoit ouverte & ouvrir l'autre, puis regardant par le petit trou, ſi le même point de l'objet eſt coupé par le filet horiſontal, c'eſt une marque que le niveau eſt juſte; & s'il s'y trouve quelque difference, il faut tant ſoit peu hauſſer

ou baisser le tuyau, par le moyen de la vis marquée 4, & repeter cette operation jusqu'à ce que les pinules soient d'accord avec le niveau ; c'est-à-dire, que regardant un objet, la bulle d'air étant au milieu & ensuite retournant l'instrument, on voye le même objet.

Le niveau marqué D, est composé d'un petit tuyau de verre enchâssé dans un autre tuyau de cuivre attaché sur une regle parfaitement égale d'épaisseur. Il sert à connoître si un plan, comme une table, pendule, ou autre chose semblable, est de niveau. Fig. D.

Construction du niveau d'air à lunete.

CE niveau est semblable à celui marqué C, excepté qu'au lieu de pinules, il y a une lunete d'approche afin de découvrir de plus loin. Cette lunete est dans un tuyau de cuivre, d'environ quinze pouces de long, attaché sur la même regle que le niveau, laquelle doit être d'une bonne épaisseur & fort droite.

A l'extremité du tuyau de la lunete marquée 1, entre le petit tuyau, aussi marqué 1, qui porte le verre oculaire & une soie très-déliée, placée horisontalement au foyer de l'objectif marqué 2, on avance ou recule ce petit tuyau dans le grand, pour ajuster la lunete aux differentes vûes. Fig. E.

A l'autre bout de la lunete est placé le verre objectif, dont la construction est la même que celle que nous avons donnée pour le demi-cercle. Tout le corps de cette lunete est attaché à la regle, aussi-bien que le niveau, avec des vis, sur deux petites plaques quarrées, qui sont soudées vers les extremitez de chaque tuyau, & qui doivent être d'épaisseur parfaitement égale.

Il y a une vis à la petite figure marquée 3, qui doit traverser la regle & le tuyau de la lunete, afin de pouvoir hausser ou baisser la petite fourchete qui porte la soie, & la faire accorder avec la bule d'air, quand l'instrument est de niveau. La vis marquée 4, est pour faire aussi accorder la bulle d'air avec la lunete.

Au-dessous de la regle il y a une plaque de cuivre qui fait ressort & qui porte le genou, comme au niveau à pinules.

Le niveau margué F, est en forme d'équerre, ayant ses deux branches parfaitement égales en longueur : à la jonction de ses deux branches on fait un petit trou d'où pend une soie chargée d'un plomb, qui bat sur une ligne perpendiculaire, au milieu du quart de cercle, qui le plus souvent est divisé en 90 degrez. Son usage est fort facile, car les extremitez de ses deux branches étant posées sur un plan, on connoît qu'il est de niveau lorsque la soie bat juste sur la ligne qui est au milieu du quart de cercle. Fig. F.

Construction d'un niveau à plomb & à lunete.

CEt instrument est composé de deux regles attachées ensemble, faisant angles droits ; celle qui porte le filet avec son plomb a environ un pied & demi, ou deux pieds.

On attache le filet vers le haut, à un petit clou qui est au point marqué 2. Le milieu de la regle, où passe la soie, est évuidé, afin qu'elle ne touche en aucun endroit que vers le bas, à l'endroit marqué 3, où est une petite Fig. G.

lame d'argent, sur laquelle on a tracé délicatement une ligne perpendiculaire à la lunete.

On recouvre le vuide par deux pieces de cuivre, pour empêcher que le vent n'agite la soie, & qui forment une espece de boëte ; pour la même raison il y a un cristal qui couvre la lame d'argent, afin que l'on puisse voir à travers, quand la soie avec son plomb est sur la perpendiculaire. La lunete marquée I, est attachée sur l'autre regle qui a environ deux pieds de long ; elle est construite comme les autres lunetes, dont nous avons parlé ci-devant. Toute la justesse de cet instrument consiste en ce que cette lunete soit parfaitement à angle droit à la perpendiculaire.

Il y a un genou de la maniere ordinaire, attaché derriere cotte regle, pour placer tout l'instrument sur son pied.

Nous faisons aussi de ces niveaux à plomb & à lunete, soit de cuivre ou de fer, dont la lunete & le canal où est enfermé le filet qui porte le plomb, ont environ quatre à cinq pieds de longueur, afin de donner de plus grands coups de niveau. La lunete a environ un pouce & demi de diametre, & la boëte du filet, qui porte le plomb, a environ deux pouces de largeur sur un & demi d'épaisseur : on attache la boëte avec des vis par le milieu, à la lunete, de maniere qu'elles soient parfaitement à angles droits l'une à l'autre : aux deux extremitez de la lunete sont ajustez deux larges cercles, dans lesquels la lunete tourne juste : ces cercles qui sont plats par-dessous sont attachez sur une forte regle de fer, afin qu'elle soit plus solide. Ce niveau est porté par deux pieds, à peu près pareils à celui que j'ai décrit à la planche XIV, figure E ; ces pieds sont attachez avec des vis aux extremitez de la regle de fer. Il y a deux ouvertures, & recouvertes d'un cristal qui s'ouvre par le moyen d'un petit chassis de cuivre, afin de pouvoir accrocher le filet qui porte le plomb, au haut de la boëte, de maniere que le filet batte sur deux petites lames d'argent, & vis-à-vis un ligne perpendiculaire à la lunete, qu'on a tracée délicatement sur lesdites lames. Ces lames sont placées vis-à-vis les ouvertures de la boëte. Le filet qui porte le plomb, est un cheveu ou bien une soie très-fine, & la lunete est pareille à celle que j'ai décrite ci-devant, en parlant du demi-cercle. On démonte aisément cet instrument, & le tout se met en peu de place pour la commodité de ceux qui veulent le transporter.

Fig. GG.

Toute la justesse de cet instrument consiste en ce que la lunete soit parfaitement à angles droits avec les perpendiculaires qui sont tracées sur les lames d'argent.

Pour éprouver ce niveau, on le place sur son pied, en sorte que le filet tombe juste sur la ligne perpendiculaire, & l'on remarque l'objet qui est coupé par la soie, qui est au foyer de la lunete ; puis vous décrochez le filet qui porte le plomb, & vous retournez la lunete sens dessus dessous ; ensuite vous racrochez le filet au crochet qui se trouve en haut de la boëte, & vous regardez par la lunete le même objet ; si le filet tombe juste sur la ligne perpendiculaire, c'est une marque que l'instrument est juste ; mais s'il ne s'y rencontroit pas, il faudroit pousser à droite ou à gauche le petit crochet, jusqu'à ce que le tout convienne de côté & d'autre ; on peut aussi lever ou baisser la lunete par le moyen d'une vis. Les ouvriers intelligens suppléeront sans peine à l'abregé de cette description. La petite figure G.G., donnera une idée assez juste de cet instrument.

L'instrument marqué H, est un petit niveau simple, fondé sur le même principe que les precedens. Sa figure fait assez connoître son usage & sa construction. Fig. H.

Le niveau marqué I, se place de lui même. Il est composé d'une regle de cuivre, d'une forte épaisseur, d'environ un pied de long, sur un pouce de large. Il y a deux pinules de même hauteur, placées aux extremitez de la regle, & au milieu une espece de fleau, à peu près comme aux balances ordinaires pour suspendre librement le niveau ; au-dessous de ladite regle est attachée avec des vis une piece de cuivre qui porte une boule aussi de cuivre, un peu grosse, afin de lui donner plus de poids. Toute la justesse de cet instrument consiste dans un parfait équilibre. Il est facile de le connoître, car en tenant l'instrument suspendu par son anneau, & ayant remarqué un objet par les pinules, il ne faut que retourner l'instrument pour approcher l'œil de l'autre pinule, & voir si le même objet paroît à même hauteur, c'est une marque que l'instrument est en parfait équilibre ; mais si l'objet paroît un peu plus haut ou plus bas, on pourra y remedier en poussant un peu la piece qui porte la boule, jusqu'à ce qu'elle soit justement au milieu du point de suspension, & l'arrêter avec la vis, lorsque par les experiences on aura reconnu que l'instrument sera de niveau. Fig. I.

Construction du niveau de monsieur Huygens.

LA principale partie de cet instrument est une lunete d'approche de quinze à dix-huit pouces de long, marquée 1, & composée de la même maniere que celle que nous avons décrite ci-devant : la lunete qui est de forme cylindrique, passe par une virole où elle est arrêtée par le milieu. Cette virolle a deux branches plates pareilles, l'une en haut & l'autre en bas, marquée 2, chacune d'environ le quart de la lunete ; de sorte que le tout fait une maniere de croix. Au bout de chacune de ces deux branches est attachée une petite piece mouvante en forme de pince, dans laquelle est arrêtée une soie assez forte, qui est passée en plusieurs doubles dans un anneau. Fig. K.

Par l'un de ces anneaux on suspend la croix à un crochet qui est au bout de la vis marquée 3, & par en bas on attache à l'autre anneau un poids qui égale au moins la pesanteur de la croix, afin de la maintenir en son équilibre ; ce poids est enfermé dans la boëte marquée 5, dont il ne sort que son crochet ; ce qui reste d'espace dans cette boëte, est rempli de quelque huile de noix, ou de lin, ou autre qui ne se fige point, pour arrêter plus promptement les balancemens du poids & de la lunete.

On met quelquefois deux lunetes à cet instrument, l'une à côté de l'autre & bien paralleles ; l'oculaire d'une de ces lunetes est d'un côté, & l'oculaire de l'autre est du côté opposé, afin de pouvoir voir des deux côtez sans tourner le niveau. Si le tuyau de la lunete étant suspendu ne se trouve pas de niveau, comme il arrive souvent, on y mettra une virole ou anneau marqué 4, que l'on pourra faire couler le long du tuyau de la lunete pour la placer de niveau & la maintenir parallele à l'horison, soit qu'il y en ait une ou deux.

Il y a un filet tendu horisontalement, attaché à une petite fourchete au

foyer du verre objectif de chaque lunete, que l'on peut hausser ou baisser par le moyen d'une petite vis, comme nous avons dit ci-devant.

Pour verifier ce niveau, l'ayant suspendu par une de ses branches, on vise à quelque objet éloigné, sans que le plomb y soit attaché, & l'on remarque précisément le point de l'objet qui est coupé par le fil de la lunete, puis on y ajoute le plomb l'accrochant à l'anneau d'en bas ; & si alors le fil horisontal répond au même point de l'objet, c'est une marque que le centre de gravité de la croix est précisément dans la ligne droite qui joint les deux points de suspension, & répond au centre de la terre.

Mais si cela ne se trouve point, il faut y remedier en faisant couler la petite virole de côté ou d'autre. L'ayant ainsi réduit à viser au même point, sans plomb & avec le plomb, on la retourne sens dessus dessous, en la suspendant par la branche qui étoit en bas, & attachant le plomb par l'autre. Que si alors le fil qui est dans la lunete coupe le même point de l'objet, on est assuré que ce point est précisément dans le plan horisontal du centre du tuyau de la lunete. Mais si le fil ne vise pas au même point, on l'y reduira en le haussant ou baissant par le moyen de la vis. Il faut de tems en tems faire la verification de l'instrument, de crainte qu'il n'y arrive quelque changement.

Le crochet d'où est suspendu cet instrument est attaché à une croix faite de bandes de bois mince, & qui excede un peu de part & d'autre la lunete & ses deux branches; aux extremitez de chaque bras de cette croix, il y a un crochet qui sert pour garantir la lunete de trop d'agitation, quand on se sert de l'instrument, ou pour la maintenir en repos quand on le transporte, en faisant descendre la lunete par le moyen de la vis qui la porte.

On applique à cette croix plate une autre croix de bois creuse que l'on attache avec des crochets, qui sert comme d'étui à l'instrument; les deux bouts de la croix restent ouverts, & par ce moyen la lunete étant à couvert du vent & de la pluie, elle se trouve toujours en état de servir.

Le pied pour porter cet instrument est une plaque ronde de laiton un peu concave, à laquelle sont attachées trois viroles en charniere, dans lesquelles on met des bâtons de longueur convenable ; la boëte qui est au bas du niveau est posée sur cette plaque & se peut tourner du côté que l'on veut, de maniere que le plomb ait son mouvement libre dans sa boëte, qui doit être de cuivre, & que l'on bouche par le moyen d'une vis, pour conserver l'huile dans les voyages.

Construction d'un autre niveau.

CEt instrument est un niveau à peu près semblable à celui dont nous venons de donner la description; mais il est plus facile à transporter en campagne.

1 Est la boëte dans laquelle est enfermée la lunete.

Fig. L. 2 Est une espece d'étrier où passe la vis qui sert de point de suspension, au bout de laquelle il y a un crochet où s'accroche l'anneau qui est au bout de la plaque qui porte la lunete.

3 Sont des vis dessus & dessous pour arrêter fixement la lunete, lorsqu'on transporte l'instrument.

4 Sont des crochets pour tenir la boète fermée.

5 Eſt un bout de la lunete.

6 Eſt le bout de la plaque où eſt accrochée une groſſe boule de plomb qui ſert à maintenir la lunete de niveau.

Il y a trois viroles marquées 8, attachées fortement au-deſſous de l'étrier, qui ſervent de pied pour porter tout l'inſtrument, lequel doit être fort libre dans ſa boète l'orſqu'on s'en ſert. Il eſt à remarquer que l'on met quelquefois deux lunetes dans ce niveau, auſſi-bien que dans l'autre dont nous venons de parler.

CHAPITRE II.

Des uſages des ſuſdits inſtrumens pour niveler.

LE nivellement eſt une operation qui nous fait connoître la hauteur d'un lieu à l'égard d'un autre. On dit qu'un lieu eſt plus élevé qu'un autre lorſqu'il eſt plus éloigné du centre de la terre. Une ligne qui eſt également éloignée du centre de la terre dans tous ſes points, eſt appellée de niveau; c'eſt pourquoi comme la terre eſt ronde, cette ligne doit être courbe & faire partie de ſa circonference, comme on voit ici la ligne B C F G, dont tous les points ſont également éloignez du centre de la terre, marqué A. Mais la ligne de viſée, que donnent les operations des niveaux, eſt une ligne droite perpendiculaire au demi-diametre de la terre A B, laquelle s'éleve au-deſſus du vrai niveau marqué par la courbure de la terre, à proportion qu'elle eſt plus étendue, c'eſt pourquoi toutes les operations ne nous donnent que le niveau apparent, que l'on doit corriger pour avoir le vrai niveau, lorſque la ligne de viſée paſſe cinquante toiſes. *Fig. 1.*

La table ſuivante où ſont marquées les corrections des points du niveau apparent pour les réduire au vrai niveau, a été calculée par le moyen du demi-diametre de la terre dont on a connu la grandeur après avoir meſuré un degré de ſa circonference. Meſſieurs de l'Academie Royale des Sciences ont trouvé par des obſervations bien exactes, qu'un degré de la circonference de la terre dans un grand cercle, comme le Méridien, contient 57060 toiſes, & donnant 25 lieues au degré, qui ſont les moyenes entre les grandes & les petites, il y aura 2282 toiſes & deux cinquiémes dans la longueur d'une lieue.

Toute la circonference de la terre ſera de 9000 de ces mêmes lieues, & ſon diametre en contiendra 2865, d'où il s'enſuit qu'il y a de chaque endroit de la ſuperficie de la terre à ſon centre 1432 lieues & demi.

La ligne A B repreſente le demi-diametre de la terre, ſous les pieds de l'obſervateur. La droite B D E, repreſente le rayon viſuel dont les points D E ſont dans le niveau apparent du point B. On ſe ſert de cette ligne du niveau apparent, pour en déterminer une qui ſoit de vrai niveau; ce qui ſe fait en ôtant des points de la ligne du niveau apparent, la hauteur dont ils s'élevent au-deſſus du vrai niveau à l'égard de certain point, comme B. Car il eſt facile à voir par cette figure que tous les points du niveau apparent D E, ſont plus éloignez du centre de la terre que le

point B ; & pour en connoître la difference , il n'y a qu'à considerer le triangle rectangle A B D , duquel ayant connu les deux côtez A B , B D , on trouvera l'hypotenuse A D , & en ôtant le rayon ou demi-diametre de la terre A C, le reste C D represente l'élevation du point de niveau apparent D par-dessus le point du vrai niveau C.

Table qui montre les corrections des points de niveau apparent, pour les reduire au vrai niveau, suivant les differentes distances de cinquante en cinquante toises.

Distances des points du niveau apparent.	Corrections, ou abaissemens. Pouces.	Lignes.	
50 toises.	0	0	1 tiers.
100	0	1	1 tiers.
150	0	3	0
200	0 Pouce.	5 Lignes.	1 tiers.
250	0	8	1 tiers.
300	1	0	0
350	1	4	1 tiers.
400	1	9	1 tiers.
450	2	3	0
500	2 Pouces.	9 Lignes.	0
550	3	6	0
600	4	0	0
650	4	8	0
700	5	4	0
750	6	3	0
800	7 Pouces.	1 Lignes.	0
850	7	11	1 demie
900	8	11	0
950	10	0	0
1000	11	0	0

La regle qui a servi à calculer cette table, est de diviser le quarré de la distance par le diametre de la terre, qui est 6538694 toises, & c'est pour cette raison que les corrections ou abaissemens sont entre eux comme les quarrez des distances. Quoique le fondement de ce calcul ne soit pas tout-à-fait géométrique, il en approche si fort, que dans la pratique il ne peut s'ensuivre aucune erreur sensible.

Si l'on prenoit les points du niveau apparent, au lieu de ceux du vrai niveau, on se tromperoit dans la conduite de l'eau d'une source, qui seroit, par exemple, au point B : car cette source ne couleroit pas au long de la ligne B D E, mais elle demeureroit en B : de sorte que pour s'étendre au long de ladite ligne, il faudroit qu'elle remontât plus haut qu'elle n'est ; ce qui n'est pas possible, puisqu'elle ne peut prendre d'autre figure extérieure que la circulaire, qui est également éloignée du centre de la terre. Au contraire une source qui seroit en D, auroit beaucoup de pente pour descendre en B, mais elle ne pourroit pas passer outre, à cause qu'il faudroit qu'elle s'élevât plus haut que sa source, si elle continuoit son chemin au long de la même ligne droite ; ce qu'elle ne peut pas faire à moins qu'elle ne soit forcée par quelque machine. Je pourrai donner à la fin de cet ouvrage, la description d'une machine qui pourra faire connoître la maniere de faire monter l'eau plus haut que le niveau.

Fig. 1.

Maniere

Maniere de rectifier les niveaux, ou verifier s'ils sont justes.

POur rectifier les niveaux, comme, par exemple, celui d'air, il faut planter deux piquets, comme AB, qui soient éloignez l'un de l'autre d'environ cinquante toises, à cause de la rondeur de la terre: car passé ce nombre de toises, il faudroit y avoir égard, puis en bornayant de la station A le piquet B, le niveau étant posé horisontalement, lorsque la bulle d'air sera dans le milieu du tuyau, on fera lever ou baisser le long dudit piquet B un carton, sur le milieu duquel on aura tracé une ligne noire horisontalement, jusqu'à ce que le rayon visuel de l'observateur rencontre cette ligne, après quoi il faudra attacher contre le piquet A un autre carton pareil, dont le milieu soit à la hauteur de l'œil, quand on a bornayé le carton B; puis on transportera le niveau au piquet B, & on le disposera à la hauteur du centre dudit carton, & le niveau étant posé horisontalement pour bornayer le milieu du carton A, si pour lors le rayon visuel donnoit au milieu dudit carton, c'est une marque que ce niveau est bien juste; mais si le rayon visuel donne au-dessous ou au-dessus, comme par exemple au point C; il faut, en conservant toujours la même hauteur de l'œil, baisser la lunete ou la pinule jusqu'à ce que le rayon visuel donne dans le milieu de la difference, comme en D, & la lunete restant ainsi, il faut ajuster le tuyau de niveau jusqu'à ce que la bulle d'air s'arrête dans le milieu, ce qui se fait par le moyen de la vis marquée 4. Fig. 2.

Ensuite on retournera au piquet A, remettre le niveau à la hauteur du point D, pour bornayer le carton B; & si le rayon visuel donne dans le centre de ce carton, c'est une marque que la lunete s'accorde avec le niveau; sinon il faudra recommencer les mêmes operations jusqu'à ce qu'on vienne à rencontrer les centres des deux cartons.

Autre maniere de rectifier les niveaux.

COnnoissant deux points, qui soient parfaitement de niveau, éloignez l'un de l'autre, on mettra le bout qui porte l'oculaire de la lunete à la hauteur juste d'un de ces deux points, la bulle d'air étant arrêtée au milieu de son tuyau, alors en bornayant, s'il arrive que la soie ou le filet de la lunete donne dans le second point, c'est une marque que le niveau est juste; mais si le filet donnoit au-dessus ou au-dessous du point de niveau, il faudroit, en conservant toujours la même hauteur de l'œil, hausser ou baisser le bout du niveau où est le verre objectif, jusqu'à ce que le rayon visuel de la lunete donne juste au point de niveau, & le laissant en cet état hausser ou baisser le tuyau qui porte le niveau, en sorte que la bulle d'air reste dans le milieu.

Ce que l'on vient de dire pour ce niveau, peut servir aussi pour rectifier les autres. La difference n'est que de changer les plombs & filets des lunetes, suivant leurs constructions.

Pratique du nivellement.

POur savoir, par exemple, la difference de hauteur ou la pente du haut de la montagne au point marqué A, jusqu'au bas de ladite montagne au point B, posez votre niveau environ au milieu de vos deux points, Fig. 3.

comme en D, ayez des piquets plantez en A & en B, avec des personnes instruites des signaux pour hausser ou baisser le long desdits piquets des bâtons fendus, au bout desquels on attache les cartons, votre niveau étant placé sur son pied, bornayez vers le piquet A E, en faisant le signal dont on est convenu avec des personnes intelligentes pour cela de hausser ou baisser le carton, jusqu'à ce que la partie de dessus, ou la ligne du milieu, paroisse dans le rayon visuel ; faites mesurer exactement la hauteur perpendiculaire du point A au point E, que nous supposons en cet exemple de 6 pieds 4 pouces, que l'on écrira au mémorial. Tournez ensuite votre niveau horisontalement sur son genou, en sorte qu'il soit toujours à même hauteur, & donne droit au piquet B, afin que l'oculaire de la lunete soit du côté de l'œil; car si c'est un niveau à pinule, il n'est pas necessaire de le retourner ; faites signal que l'on hausse ou baisse le carton C, jusqu'à ce que son bout supérieur soit dans la ligne de mire ; faites mesurer la hauteur du point B au point C, que l'on suppose ici être de 16 pieds 6 pouces, que l'on chifrera au mémorial au-dessus de l'autre nombre de la premiere station, & pour savoir la pente du point B au point A, soustrayez 6 pieds 4 pouces de 16 pieds 6 pouces, restent 10 pieds 2 pouces de pente, qui est ce que l'on cherchoit.

Il est à remarquer, que si le point D, où est placé l'observateur, est au milieu entre le point A & le point B, quelque distance qu'il puisse y avoir, il ne sera pas necessaire d'avoir égard au haussement du niveau apparent par dessus le vrai, parce que ces deux points étant également éloignez de l'œil de l'observateur, le rayon visuel s'élevera également au-dessus du vrai niveau, & par consequent il n'y aura aucune correction à faire pour connoître la pente du point A au point B.

Autre exemple du nivellement.

Fig. 4. ON veut savoir s'il y a suffisamment de la pente pour conduire l'eau depuis la source marquée A jusqu'au bassin marqué B. Comme la distance du point A au point B est grande, on est obligé de faire plusieurs operations. Ayant choisi une hauteur commode pour y placer le niveau, comme au point I, faites planter perpendiculairement au point A proche de la source, une perche au long de laquelle on fera couler une autre perche fendue qui porte le carton L, faites mesurer la distance depuis A jusqu'en I, que nous supposons ici de 1000 toises ; le niveau étant ajusté au point K, bornayez le haut du carton L, en le faisant hausser ou baisser comme nous avons dit ci-devant, faites mesurer la hauteur A L, que nous supposons deux toises un pied cinq pouces ; mais à cause de la distance de 1000 toises, suivant la table des haussemens du niveau apparent par-dessus le vrai niveau, il faut en soustraire onze pouces, & la hauteur A L ne sera plus par consequent que de deux toises six pouces, que vous marquerez sur le mémorial.

Tournez ensuite le niveau du côté de la perche plantée au point H, en sorte que l'oculaire soit du côté de l'œil de l'observateur, & le niveau étant ajusté, bornayez le carton G, l'ayant fait hausser le long de la perche jusqu'à ce que son bord superieur soit dans le rayon visuel de la lunete, faites mesurer la hauteur H G, que l'on suppose trois toises quatre pieds deux pouces.

Faites aussi mesurer la distance du point I au point H, que nous supposons ici de 650 toises, pour laquelle distance, suivant la table, il faudra soustraire 4 pouces 8 lignes de la hauteur H G, laquelle par consequent ne sera plus que 3 toises 3 pieds 9 pouces 4 lignes, que vous marquerez sur votre memorial.

Cela fait, transportez le niveau sur quelqu'autre hauteur d'où l'on puisse découvrir la perche H G, & l'angle de la maison D, dont le rez de chaussée est de niveau avec le bassin B, qui est le terme du nivellement.

Le niveau étant ajusté au point E, bornayez la perche H ; le rayon visuel donnera au point F, faites mesurer la hauteur H F, que nous supposons être de 11 pieds 6 pouces; faites aussi mesurer la distance H E, que nous supposons de 500 toises, pour laquelle distance la table marque 2 pouces 9 lignes de haussement, lesquels étant ôtez de la hauteur H F, restera 11 pieds 3 pouces 3 lignes que l'on écrira au mémorial. Ayant enfin tourné le niveau pour bornayer l'angle de la maison D, faites mesurer la hauteur depuis le point D où s'est terminé le rayon visuel jusqu'au rez chaussé, laquelle nous supposons de 8 pieds 3 pouces. Faites aussi mesurer la distance du point E, jusqu'à ladite maison, laquelle se trouve de 450 toises, pour laquelle distance la table marque 2 pouces 3 lignes de haussement, lesquels étant ôtez de ladite hauteur resteront 8 pieds 9 lignes, que l'on écrira au mémorial.

Ces deux exemples suffiront pour tous les cas du nivellement, sinon on pourra avoir recours aux livres qui en traitent.

Maniere d'écrire toutes ces differentes hauteurs sur le mémorial.

AYant trouvé des lieux commodes, comme nous venons de supposer, pour placer le niveau entre deux points, il faudra écrire sur le mémorial en deux differentes colonnes les hauteurs observées ; savoir, sous la premiere colonne celles que l'on a miré, l'œil étant tourné du côté de la source A ; & sous la seconde colonne, celles qui ont été observées du côté du bassin B, en la maniere suivante.

Premiere colonne.	toises.	pieds.	pouces.	lign.
Premiere hauteur corrigée	2	0	6	
Troisiéme hauteur	1	5	3	3
	3	5	9	3

Seconde colonne.	toises.	pieds.	pouces.	lign.
Seconde hauteur	3	3	9	4
Quatriéme hauteur	1	2	0	9
	4	5	10	1

Ayant ajouté ensemble les hauteurs de la premiere colonne, & ensuite celles de la seconde, soustrayez la premiere addition de la seconde,

	toises.	pieds.	pouces.	lignes.
c'est-à-dire, de	4	5	10	1
ôtez	3	5	9	3
reste	1	0	0	10

Il y a donc une toise & dix lignes de pente depuis la source A, jusqu'au bassin B.

Si l'on veut en savoir la distance, il n'y aura qu'à ajouter ensemble toutes celles qui ont été mesurées: savoir,

La premiere de	1000 toises.
La seconde de	650
La troisiéme de	500
La quatriéme de	450
Total des distances	2600 toises.

Enfin divisant la pente par le nombre des toises de distance, on trouvera qu'il y a pour chaque centaine de toises deux pouces neuf lignes de pente, peu plus.

CHAPITRE III.

De la construction & usage de la jauge, pour le partage des eaux.

CEtte jauge sert à connoître la quantité d'eau que fournit une source. On la fait ordinairement d'un vaisseau parallelipipede rectangle de cuivre, bien soudé, d'environ un pied de long, huit pouces de large & autant de hauteur, plus ou moins, suivant la quantité d'eau qu'on veut mesurer. On y perce plusieurs trous circulaires très-exactement, d'un pouce de diametre, & d'autres pour qu'il passe un demi-pouce d'eau, & d'autres pour qu'il en passe un quart de pouce. Tous ces trous doivent être percez de maniere que leurs centres soient à même hauteur. Les extremitez superieures des trous d'un pouce doivent être à deux lignes près du haut de la jauge; on bouche ces trous avec des petites plaques de cuivre quarrées, & qui sont ajustées dans des coulisses marquées 1, 2, & 3. Il y a une bande de cuivre mince, qui traverse le vaisseau à l'endroit marqué 4. Elle est arrêtée environ à un pouce du fond & percée de plusieurs trous, afin que l'eau y passe plus librement. Elle est faite pour recevoir le choc de l'eau qui tombe de la source dans ladite jauge, & empêcher qu'elle ne fasse point de vagues, & faire qu'elle sorte plus naturellement par les ouvertures.

Il est à remarquer que les trous qui donnent un pouce cylindrique d'eau, doivent avoir 12 lignes juste de diametre; celui d'un demi-pouce doit avoir 8 lignes & demie, & celui d'un quart de pouce doit être de 6 lignes juste. Cela se trouve facilement par le calcul.

Pour se servir de cet instrument, il faut le placer de maniere que son fonds soit horisontal & ses côtez bien perpendiculaires, puis faire entrer dans la jauge l'eau de la source par le moyen d'un tuyau, comme la figure le marque, & lorsqu'elle sera pleine environ une ligne près du bord, on ouvrira une des ouvertures, par exemple, d'un pouce; si l'eau reste toujours à même hauteur dans la jauge, c'est une marque qu'il y entre autant d'eau qu'il en sort, & que la source fournit un pouce d'eau. Mais si l'eau augmentoit dans le vaisseau, il faudroit ouvrir une autre ouverture, soit

d'un pouce, d'un demi ou d'un quart; de telle ſorte que l'eau reſte toujours à même hauteur dans la jauge, c'eſt-à-dire, à une ligne au-deſſus des trous d'un pouce, alors le nombre des trous ouverts donnera la quantité d'eau que fournit la ſource.

Le petit vaſe qui reçoit l'eau qui ſort de la jauge, eſt fait pour ſavoir combien la ſource en fournit dans un eſpace de tems déterminé, car ayant une pendule à ſecondes bien reglée, & remarquant le nombre de ſecondes qu'elle marque lorſque vous placerez le vaiſſeau ſous le canal d'un pouce d'eau, & voyant combien il s'eſt paſſé de ſecondes ou de minutes dans le tems qu'il a été à s'emplir, & enſuite meſurant exactement la quantité d'eau qu'il contient, on dira : Cette ſource fournit tant d'eau par heure. Fig. N.

On a fait pluſieurs experiences bien juſtes à ce ſujet, & on a trouvé qu'une ſource qui donnoit 1 pouce d'eau, en fourniſſoit 14 pintes meſure de Paris, en une minute de tems, de celle qui peſe deux livres la pinte.

Il s'enſuit de là qu'un pouce d'eau donnera dans l'eſpace d'une heure 3 muids meſure de Paris, & en 24 heures 72 muids.

Si, par exemple, on plaçoit ſous la jauge un vaiſſeau cubique, contenant un pied cube, & qu'on y fît couler l'eau par l'ouverture d'un pouce, on verroit que ce vaiſſeau ſeroit rempli dans l'eſpace de deux minutes & demie, d'où s'enſuit que c'eſt 14 pintes par minute, puiſqu'elle a fourni 35 pintes en deux minutes & demie.

On ſaura par ce moyen les pouces d'eau que donne une fontaine ou ruiſſeau coulant; car ſi, par exemple, on a reçû 7 pintes d'eau en une ſeconde, on dira que cette eau coulante eſt d'un pouce. Si elle en fourniſſoit 21 pintes, on diroit qu'elle eſt de trois pouces, & ainſi des autres.

Pour meſurer l'eau courante dans un aqueduc ou riviere, qu'on ne peut recevoir dans une jauge, on mettra ſur l'eau une boule de cire chargée de matiere un peu plus péſante, en ſorte qu'il ne paſſe que fort peu de cire au-deſſus de la ſurface de l'eau, de peur du vent; & après avoir meſuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'aqueduc, on connoîtra avec une pendule à ſeconde, en combien de tems la boule de cire, emportée par le cours de l'eau, paſſera cette diſtance; enſuite on multipliera la largeur de l'aqueduc ou riviere par la hauteur de l'eau, & le produit multiplié par l'eſpace qu'aura parcouru la boule de cire, le dernier produit marquera toute l'eau qui aura paſſé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une ſection de l'aqueduc. Exemple, on ſuppoſe un aqueduc large de deux pieds, haut d'eau d'un pied, qu'en 20 ſecondes la cire ait parcouru 30 pieds, ce ſera un pied & demi par ſeconde : mais comme l'eau va plus vîte au haut qu'au fond, il ne faut prendre que 20 pieds parcourus, ce ſera un pied par ſeconde, le produit d'un pied de haut par deux de large, eſt deux, qui multipliez par 20 de longueur font 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau qui font 1400 pintes en 20 ſecondes, & ſi 20 ſecondes donnent 1400 pintes, 60 ſecondes en donneront trois fois autant, ſavoir 4200 pintes; & diviſant 4200 par 14, qui eſt le nombre de pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 ſecondes, on trouvera le quotien de 300, qui ſera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'aqueduc.

Mr Mariotte, qui a ſavamment écrit ſur le mouvement des eaux, eſt du ſentiment que les fontaines ne ſont autre choſe que l'eau de la pluie,

qui passant à travers de la terre, rencontre un tuf ou terre glaise, qu'elle ne sauroit pénétrer, & est obligé de se faire passage par les côtez, & forme une fontaine. Pour prouver ce systême, il rapporte l'experience suivante.

Ayant fait faire un vase quarré de deux pieds, qu'il exposa à la pluie pendant plusieurs années, il remarqua que l'eau montoit dans ce vase chaque année l'une portant l'autre, à 18 pouces; mais il veut bien ne la prendre qu'à 15 pouces: sur ce pied une toise recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau; car en multipliant 36 pieds par 15 pouces, cela fait 45 pieds cubes.

Cet auteur suppute aussi l'étendue du terrain qu'il prétend fournir l'eau à la Seine; & il trouve que la Seine n'est pas la sixiéme partie si grosse qu'elle le devroit être: il a encore observé, qu'elle n'avoit que 10 pouces de pente par 1000 toises vis-à-vis les Invalides. Il prouve encore que la plus grande fontaine de Montmartre, sur ce pied, ne fournit pas même, quand elle est plus abondante, ce que la terre qui la surmonte devroit lui envoyer d'eau. Il conclud de là, qu'il faut qu'il s'en perde beaucoup dans les terres.

Pour savoir le choc que doit produire l'eau, l'experience fait connoître que l'eau accelere son mouvement, selon les nombres 1, 3, 5, 7; c'est-à-dire, que si en un quart de seconde elle descend d'un pied dans un tuyau, elle descendra de trois pieds pendant l'autre quart de seconde.

Les quantitez d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au-dessous des reservoirs, de differentes hauteurs, sont entre elles en la raison sousdaillée des hauteurs. Les tables ci-après feront connoître les dépenses d'eau à differentes élevations.

Table des dépenses d'eau en une minute à trois lignes de diametre d'ajutoir à differente hauteur de reservoir.

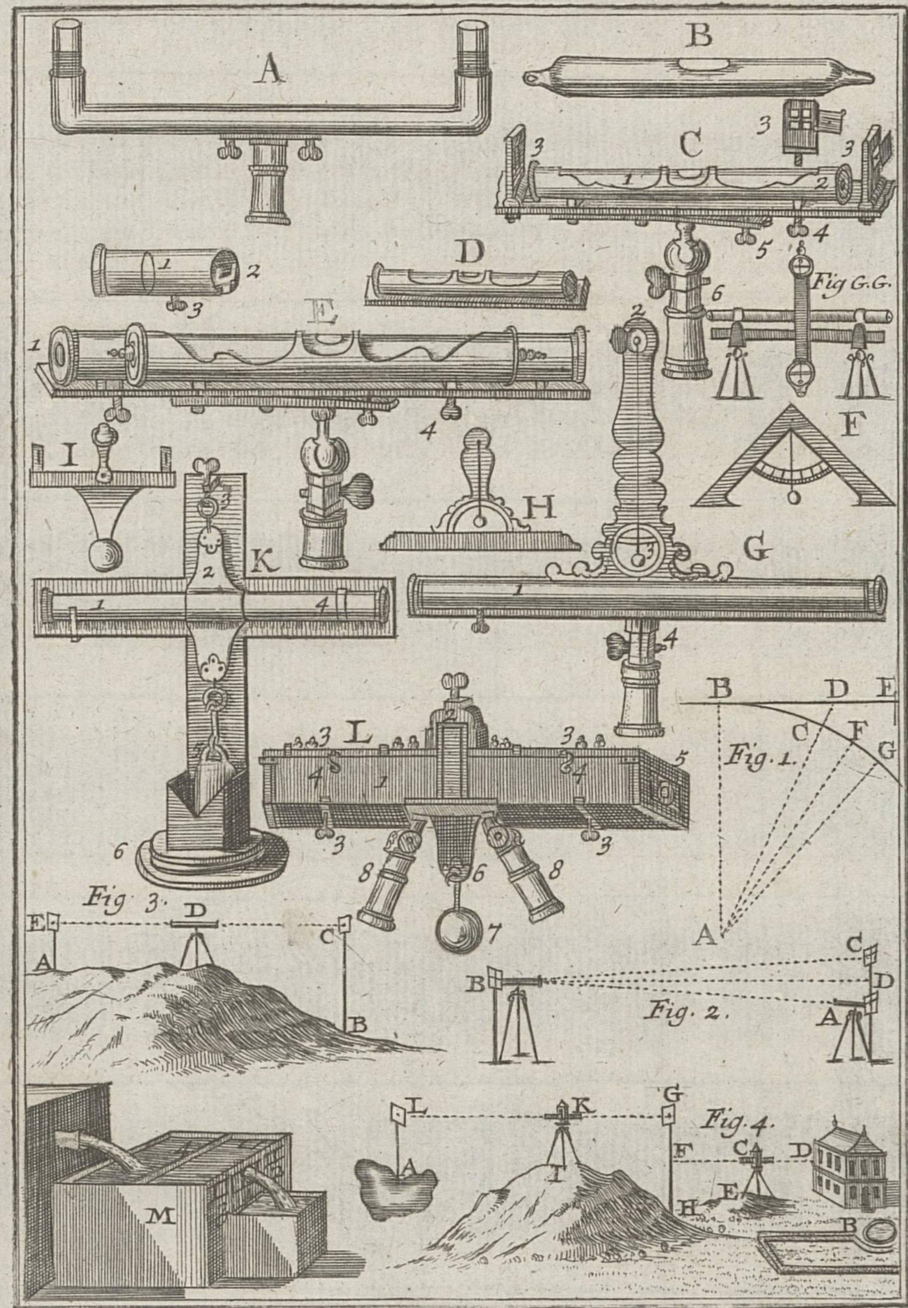
Pieds. Hauteurs des reservoirs.	Pintes. Dépense d'eau à trois lignes d'ajutoir.
6	9
9	11
12	14
18	16
25	19
30	21
40	24
52	28

Table des dépenses d'eau en une minute par different ajutoir à une même hauteur de reservoir.

Lignes. Diametre de differens ajutoirs.	Pintes. Dépense d'eau.
2	1
2	6
3	14
4	25
5	39
6	56
7	76
8	110

Table des hauteurs des jets d'eau aux differentes hauteurs des reservoirs.

Pieds. Hauteurs des jets d'eau.	Pieds. Hauteurs des reservoirs.	Pouces.
6	6	1
10	10	4
20	21	4
30	33	
40	45	4
50	58	4
60	72	
70	86	4


A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
Fig G.G.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.

L'on voit par ces tables qu'un ajutoir une fois plus grand, dépense le quadruple d'un autre une fois plus petit. Exemple, celui de trois lignes dépense en une minute 14 pintes, & celui de 6 lignes dépense 56 pintes. Il est aussi à remarquer qu'il ne faut pas faire les ajutoirs en cône, mais en cylindre; & qu'il ne faut pas que les conduits excedent de beaucoup le lieu de l'ajutoir.

CHAPITRE IV.

Contenant la construction & les usages des instrumens servans à l'artillerie.

Construction du compas de calibre.

XVIII. Planche. Fig. A.

CEt instrument est fait de deux branches de cuivre, d'environ 6 à 7 pouces de long étant fermé. Chaque branche a quatre lignes de largeur sur trois d'épaisseur.

Le mouvement de la tête est semblable à celui des pieds de roi; ses bouts sont recourbez & garnis d'acier aux extremitez.

Il y a une espece de languete attachée à une des branches dont le mouvement est comme celui de la tête, pour la hausser ou baisser, afin que le bout qui doit être mince & garni d'acier puisse entrer & s'arrêter à des crans que l'on fait dans l'épaisseur de l'autre branche. On marque au-dedans de cette branche les diametres qui conviennent au poids des boulets de fer en cette façon. Il faut avoir une regle sur laquelle sont marquées les divisions des poids des boulets & du calibre des pieces, dont la méthode sera expliquée en parlant de l'instrument qui suit. Ayant donc une regle preparée, on ouvre le compas de calibre, en sorte que ses bouts intérieurs conviennent à l'ouverture de chaque point de division qui marque le poids des boulets; alors on fait un cran à chaque ouverture avec une lime triangulaire, afin que le bout de la languete entrant dans chacun de ces crans, arrête l'ouverture à chaque nombre juste des poids des boulets. On les marque ordinairement depuis un quart de livre jusqu'à 48 livres, & même souvent jusqu'à 64. On trace des lignes sur la surface de cette branche, vis-à-vis des crans, afin de marquer par des chifres le nombre des livres qui leur conviennent.

L'usage de cet instrument est facile, car il n'y a qu'à faire passer les boulets qu'on veut mesurer, en sorte que les deux bouts intérieurs embrassent justement son diametre; pour lors la languete étant mise dans le cran convenable, marquera le poids du boulet.

Il doit toujours y avoir une certaine proportion dans la largeur des pointes de ce compas, de sorte que faisant un angle, comme la figure le montre à chaque ouverture, l'intérieure donne le poids du boulet, & l'extérieure donne le calibre des pieces, c'est-à-dire, que portant les bouts extérieurs de ces pointes au diametre de l'embouchure d'un canon, la languete étant placée au cran necessaire, fera connoître le poids du boulet qui lui convient. On sait assez qu'il faut qu'il y ait un peu de jeu autour du boulet

dans l'ame du canon, & c'eſt ce qu'on nomme calibre des pieces, qui excede toujours un peu le calibre des boulets à proportion de ſa groſſeur.

Conſtruction de l'équerre des Canoniers.

Fig. B. CEtte équerre ſert à élever ou baiſſer les canons & mortiers, ſuivant les lieux où l'on veut les pointer, elle eſt faite de cuivre & a une branche d'environ un pied de longueur, de 8 lignes de largeur & d'une ligne d'épaiſſeur. L'autre branche a 4 pouces de long, de la même largeur & épaiſſeur que l'autre branche. Entre ces deux branches il y a un quart de cercle diviſé en 90 degrez à commencer du bras le plus court, avec une ſoie chargée d'un plomb & attachée à ſon centre.

L'uſage de cet inſtrument eſt facile, il n'y a qu'à placer la grande branche dans l'embouchure du canon ou du mortier & l'élever ou le baiſſer, juſqu'à ce que la ſoie qui porte le plomb coupe le degré neceſſaire pour tirer au lieu propoſé.

On met auſſi le plus ſouvent ſur une des ſurfaces de la grande branche la diviſion des diametres & poids des boulets de fer, auſſi-bien que celle du calibre des pieces.

Pour faire cette diviſion, il faut premierement être fondé ſur une experience ou deux, en examinant avec toute l'exactitude poſſible le diametre d'un boulet, dont on connoiſſe le poids bien juſte. Ayant trouvé, par exemple, qu'un boulet peſant 4 livres, a 3 pouces de diametre, il ſera facile de faire une table qui contienne les poids & diametres de tels autres boulets qu'on voudra, puiſque par la 18me propoſition du 12me livre d'Euclide, les boulets ſont entre eux comme les cubes de leurs diametres, d'où s'enſuit que les diametres ſont entre eux comme les racines cubiques des nombres qui expriment leurs poids.

Ayant donc connu par l'experience qu'un boulet de fer peſant 4 livres, a 3 pouces de diametre; ſi on veut ſavoir le diametre d'un boulet de 32 livres, on dira par une regle de proportion, 4 eſt à 32, comme 27 cube de 3 eſt à un 4me nombre, qui ſera 216, dont la racine cubique 6 pouces ſera le diametre d'un boulet de 32 livres.

Ou bien on cherchera la racine cubique de ces deux nombres 4 & 32, ou plutôt de 1 & de 8, qui ſont en même proportion, & on trouvera 1 eſt à 2, comme 3 eſt à 6, ce qui revient au même.

Mais comme tous les nombres n'ont pas de racines juſtes, on pourra ſe ſervir de la table des côtez homologues des ſolides ſemblables, rapportée ci-devant au traité du compas de proportion; ſi donc par ce moyen on veut avoir le diametre d'un boulet de 64 livres, on formera une regle de 3, dont le premier terme ſera 397, côté du 4me ſolide; le ſecond ſera 3 pouces ou plutôt 36 lignes de diametre du boulet de 4 livres; le 3me terme ſera 1000, côté du 64me ſolide; la regle étant achevée on aura 90 lignes & trois quarts pour le diametre d'un boulet de 64 livres; enſuite pour faciliter les operations des autres regles de 3, on prendra toujours pour premier terme le nombre 1000, pour ſecond 90 lignes trois quarts, & pour le 3me le nombre qui ſe trouvera dans ladite table vis-à-vis celui qui exprime le poids du boulet: ainſi pour trouver, par exemple, le diametre d'un

d'un boulet de 24 livres on dira comme 1000 sont à 90 lignes trois quarts, ainsi 721. La regle étant faite on trouvera 65 lignes, qui font cinq pouces & cinq lignes ; c'est par cette méthode qu'on a calculé la table suivante.

Table contenant les poids & diametres des boulets de fer & des calibres des pieces les plus en usage dans l'Artillerie.

Poids du boulet.	Pouces.	Lignes.		Calibres des pieces.	Pouces.	Lignes.	
1 quart de liv.	1	2	1 quart.	1 quart de l.	1	3	0
une demie liv.	1	6	0	une demie l.	1	6	3 quarts.
une livre . . .	1	10	5 huitiém.	une livre . .	1	11	6 huitiém.
2	2	4	1 demie.	2	2	5	3 quarts.
3	2	8	2 tiers.	3	2	10	0
4	3	0	0	4	3	1	1 quart.
5	3	2	3 quarts.	5	3	4	1 quart.
6	3	5	0	6	3	6	7 huitiém.
7	3	7	1 quart.	7	3	9	1 huitiém.
8	3	9	3 huitiém.	8	3	11	1 huitiém.
9	3	11	0	9	4	1	1 quart.
10	4	0	3 quarts.	10	4	2	3 quarts.
12	4	3	3 quarts.	12	4	5	3 quarts.
16	4	9	0	16	4	11	1 demie.
18	4	11	1 tiers.	18	5	1	2 tiers.
20	5	1	1 demie.	20	5	4	0
24	5	5	0	24	5	8	0
27	5	8	7 huitiém.	27	5	10	2 tiers.
30	5	10	1 demie.	30	6	1	1 tiers.
33	6	0	3 quarts.	33	6	3	1 demie.
36	6	2	3 quarts.	36	6	5	3 quarts.
40	6	5	1 demie.	40	6	8	1 demie.
48	6	10	0	48	7	1	3 quarts.
50	6	11	1 demie.	50	7	2	3 quarts.
64	7	6	3 quarts.	64	7	10	1 quart.

Du compas à pointes courbes.

CE compas ne differe point pour la construction des autres compas dont nous avons parlé ci-devant, sinon que l'on démonte les pointes des deux côtez pour en placer des courbes, qui servent à prendre la grosseur des boulets & à les rapporter sur la regle de calibre, afin d'en connoître le poids. Mais quand on veut connoître le calibre des pieces, on demonte les pointes courbes pour y en mettre des droites, avec lesquelles on prend les diametres des bouches des canons, & ensuite on les rapporte sur la ligne du calibre des pieces, qui est aussi marquée sur la regle, & par ce moyen on connoîtra le poids du boulet convenable à la piece de canon.

Fig. C.

Construction de l'instrument à pointer les canons & les mortiers.

Fig. D. CEt instrument est composé d'une plaque de cuivre triangulaire d'environ quatre pouces de hauteur, au bas de laquelle est une portion de cercle, divisée en 45 degrez ce nombre étant suffisant pour tirer une piece à toute volée, & donner au boulet la plus longue portée, comme nous expliquerons ci-après. Il y a une piece de cuivre attachée au centre de la portion de cercle avec une vis pour la resserrer ou lui donner un mouvement libre selon les besoins.

Cette piece est renforcée par le bas pour servir de plomb, elle est pointue par le bout, afin de marquer sur les degrez les differentes élevations des pieces d'artillerie. Il y a aussi une espece de pied de cuivre qui s'apuie sur les mortiers & canons, en sorte que tout l'instrument se tient perpendiculaire quand la piece est placée horisontalement.

Son usage est fort facile, il n'y a qu'à poser le pied sur la piece qu'on éleve, de telle sorte que la pointe du plomb donne sur le degré convenable, & c'est ce qu'on nomme pointer une piece.

Du pied à niveau pour l'Artillerie.

Fig. E. L'Instrument marqué E, est nommé pied à niveau. Nous en avons donné la construction en parlant des pieds & des équerres; quand on veut s'en servir pour l'artillerie, on divise la languete qui sert à la maintenir à angles droits, en 90 degrez ou plutôt en deux fois 45, dont le commencement se compte du milieu. La soie qui porte le plomb est attachée au centre de cette division. Les deux bouts des regles de cet instrument sont échancrez, de maniere que le plomb tombe perpendiculairement sur le milieu de la languete, lorsqu'il est posé de niveau.

Pour s'en servir on pose les deux bouts sur les pieces d'artillerie, que l'on éleve à la hauteur proposée, par le moyen du plomb dont la soie marque les degrez.

Sur la surface des branches de cette équerre, qui s'ouvre toute droite comme une regle, on marque les poids & diametres des boulets, aussibien que les calibres des pieces, comme nous l'avons expliqué en parlant de l'équerre des canoniers, pour s'en servir de même.

Construction d'un autre instrument pour calibrer les mortiers, les canons & les fusils; pour connoître le diametre des bombes, le poids des boulets de fer, & le diametre des balles de plomb, depuis huit jusqu'à trente-six à la livre.

LA petite figure E E peut donner une idée assez juste de cet instrument; on le fait de cuivre ou autre métal solide. Le bord exterieur de la regle qui est horisontale est divisé pour le calibre des canons, depuis une demi-livre jusqu'à 64 livres, & le bord interieur est divisé pour le poids des boulets; l'autre côté de cette regle est divisé en pouces & lignes du pied de roi; elle a 8 à 10 pouces de longueur, & on la peut faire plus longue si l'on veut pour avoir le calibre des mortiers, & le diametre

Fig. EE.

des bombes, d'un plus gros volume ; cette regle a un bon pouce de largeur & une ligne & demie d'épaiſſeur.

Les deux regles ou branches qui ſont verticales & qui ſont de la même longueur & épaiſſeur que la précedente, s'emboètent juſte dans la regle horiſontale par le moyen de deux plaques de laiton qu'on attache au bas deſdites branches, & aux deux petites branches qui font l'équerre, & qui ſont au bas deſdites grandes branches ; cela doit être ajuſté de maniere qu'elles emboètent juſte la regle horiſontale, & que la branche qui eſt à droite coule juſte au long de ladite regle ; la branche qui eſt à gauche eſt fixe dans les operations, & eſt bouchée par le bout de la boète & arrêtée par la vis qui eſt deſſous, l'autre coule & s'arrête auſſi avec la vis qui eſt deſſous aux points de diviſions qu'on a beſoin. Il eſt à remarquer que ces branches doivent être bien paralleles & placées bien à l'équerre ſur la regle ; C'eſt en cela que conſiſte la juſteſſe de l'inſtrument, il faut que la diviſion pour le poids des boulets, commence du raſe de la boète fixe à un pouce une ligne, pour la demi-livre de fer, le reſte de la diviſion ſe fera ſuivant la table ci-devant ; la diviſion pour le calibre des pieces, commence auſſi au raſe de la boète fixe, pour le calibre du canon d'une demi-livre de balle, le reſte de la diviſion ſe fera auſſi ſuivant la table ci-devant, en ſorte qu'il faut que le dehors des deux branches marque juſte le calibre des canons, & que le dedans deſdites branches marque le diametre & le poids des boulets, c'eſt ce qui determine à peu près la largeur des branches, qui doivent avoir environ ſept lignes de large.

Les deux petites branches ou regles qui ſont au bas des deux grandes, ſont pour connoître le calibre des fuſils, depuis 8 juſqu'à 32 de balles à la livre, & le diametre des balles ; ces branches ſont d'environ un pouce & demi de longueur, & de deux lignes de largeur. Il y a derriere la boète, qui coule, une petite table ſur laquelle eſt tracé le nombre de balles à la livre, qui eſt calculée ſuivant leur diametre, cela ſe fait facilement avec le compas de proportion ſur la ligne des metaux ; & pour s'en ſervir il y a une piece attachée ſur la boète fixe qui marque ces diametres ſur ladite table en éloignant ou en approchant les deux petites branches l'une de l'autre ; le dedans marque le nombre de balles à la livre, & le dehors marque le calibre des fuſils.

Vers le haut de la branche mobile on y fait une entaille, pour y ajuſter à charniere, comme à un demi-pied, une petite regle ſur laquelle on trace une portion de cercle de 45 degrez, on met un plomb qui eſt attaché au centre avec une vis. On peut aiſement demonter cet inſtrument, pour mettre ces trois pieces dans un étui.

Uſage de l'inſtrument.

POur prendre le calibre des mortiers, il faut mettre les branches dans le mortier, en ſorte qu'elles touchent les deux côtez concaves, le bord de la boète de la branche mobile, marquera ſur la diviſion des pouces & lignes qui ſont marquez ſur un côté de la regle horiſontal, la quantité de pouces & lignes que le mortier en contiendra. Pour connoître le diametre de la bombe, il faut que le dedans des branches embraſſe juſte

la bombe, le bord de la boète mobile marquera sur la regle, les pouces & lignes que la bombe en contiendra.

Pour prendre le calibre des canons, on fait entrer les deux branches dans la volée de la piece, ensorte qu'elles touchent juste les parois; le bord de la boète mobile marquera sur la regle le calibre de la piece, en comptant le chifre de la division ou est marqué, *calibre des pieces.* On connoîtra pareillement le poids des boulets, en faisant couler la branche mobile, jusqu'à ce que le dedans des deux branches embrasse juste le diametre du boulet, le bord de la boète mobile marquera le poids du boulet, sur la division marquée sur la regle *poids des boulets.*

Pour connoître le calibre des fusils, on retournera l'instrument, & on fera entrer les petites branches dans le canon du fusil ensorte qu'elles touchent les parois; la boète mobile marquera sur la petite table, le calibre & la quantité de balles à la livre, & le dedans des deux petites branches, sera le diametre de la balle.

Pour tirer le canon horisontalement, ou à tel degré d'élevation, il faut mettre le bout de la regle dans la volée du canon, ouvrir la portion de cercle, lâcher la vis du plomb pour qu'il soit bien libre, puis élever ou baisser la piece suivant le degré que l'on souhaitera.

En posant la regle sur le côté du mortier, on connoîtra de même les degrez d'élevation pour le jet des bombes. On connoîtra aussi le niveau en lâchant la vis du plomb; & posant l'instrument perpendiculairement sur les petites branches, on connoîtra le niveau par le moyen du plomb tombant sur la ligne verticale.

La pratique de cet instrument est très aisée. Le Roi en a fait faire plusieurs pour être mis dans les magasins d'artillerie.

Fig. F. L'instrument marqué F, est encore pour pointer les canons & les mortiers. Il est à peu près semblable à celui marqué D, excepté que la piece où est la division des degrez, est mobile par le moyen d'un clou rond, c'est-a-dire, qu'elle s'ouvre en portion de cercle & s'ajuste au long de l'autre branche, afin que l'instrument tienne moins de place & se mette plus facilement dans un étui. Sa figure fait assez connoître sa construction, & ses usages sont les mêmes que ceux des precedens instrumens.

Explication sur l'effet du mortier & du canon.

Fig. G. LA figure G represente un mortier sur son affût, élevé & disposé pour jetter une bombe dans une citadelle; & la ligne courbe represente la trace que fait en l'air la bombe depuis la sortie du mortier jusqu'à sa chûte. Cette courbe est selon les géometres, une ligne parabolique, parce que les proprietez de la parabole lui conviennent. Car le mouvement de cette bombe est composé de deux mouvemens, dont l'un est égal & uniforme, qui lui vient du feu de la poudre, qui l'a poussée, & l'autre est uniformément acceleré, qui lui est communiqué par sa propre pesanteur. Il naît de la composition de ces deux mouvemens la même proportion qui se rencontre entre les portions de l'axe & les ordonnées de la parabole, comme l'a très-bien démontré Mr Blondel dans son Livre intitulé: *l'art de jetter les bombes.*

Maltus Ingenieur Anglois a été le premier qui a mis les bombes en usage en France l'an 1634. Toute sa science étoit purement d'experience; il ne connoissoit point la nature de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur passage, ni la distance de leurs portées, suivant les differentes élevations du mortier, qu'il ne pointoit qu'en tâtonnant, ou pour mieux dire, par l'estime qu'il faisoit de l'éloignement du lieu où il vouloit jetter la bombe, suivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élevation, prenant garde si les premiers coups étoient justes ou non, afin de baisser son mortier si sa portée étoit trop courte, ou le hausser si elle alloit au-delà de son but, se servant à cet effet d'une équerre avec son plomb à peu près comme celle dont nous avons parlé ci-devant.

La plupart des officiers qui ont servi depuis aux batteries des bombes, sont des éleves de Maltus. Ils savent à peu près par experience l'élevation qu'on doit donner au mortier pour le faire porter à la distance qu'ils souhaitent, & ont soin d'augmenter ou de diminuer cette élevation à proportion que la bombe se trouve plus ou moins éloignée ou en deçà ou en delà du but.

Il y a cependant des regles certaines fondées sur la géometrie, pour connoître la differente étendue des portées, non seulement des bombes, mais aussi du canon en toutes sortes d'élevation. Car la ligne tracée en l'air par le boulet sorti du canon est aussi parabolique en toutes sortes de projections, non seulement obliques, mais même horisontales, comme le montre la figure H. Fig. H.

Le boulet au sortir de la piece ne va jamais droit au but vers lequel elle est pointée, mais il se détourne de la ligne de direction en montant dès le moment qu'il sort de la bouche, parce que les grains de poudre qui sont les plus proches de la culasse, s'allumans les premiers, poussent par leur mouvement précipité, non seulement le boulet, mais même les autres grains de la poudre qui suivent le boulet au long du fond de l'arme, où s'allumans l'un après l'autre, ils frapent quasi tous les boulets vers le dessous, qui n'étant pas de calibre, à cause du jeu qu'il doit nécessairement avoir dans la piece, est élevé insensiblement vers le bord supérieur de la bouche, contre lequel ils frotent tellement en sortant, qu'aux pieces qui ont beaucoup servi, & dont le métal est doux, l'on remarque un canal considerable que le boulet en sortant y a creusé peu à peu par ce frotement. Ainsi le boulet sortant du canon, comme par le point *e*, s'éleve en s'écartant jusqu'au sommet de la parabole, comme au point *g*, après quoi il descend par un mouvement mixte comme vers *b*.

Les coups tirez à l'élevation de 45 degrez ont les plus longues portées, & c'est ce que les canoniers appellent tirer à toute volée, & les coups tirez sous l'élevation des points également éloignez de 45 degrez ont des portées égales, c'est-à-dire, qu'une piece de canon ou un mortier pointé au 40me deg. chasse justement aussi loin que s'il étoit pointé à 50 degrez, & au 30 autant qu'au 60, & ainsi des autres, comme il paroît par la figure I, au bas de la planche 17. Fig. I.

Le premier qui a bien raisonné sur cette matiere, est Galilée, premier & principal Ingenieur du Grand Duc de Toscane, & après lui Toricelli son successeur.

Ils ont expliqué, que pour connoître les differentes portées des coups

de volée d'une piece d'artillerie ou d'un mortier en toute ſorte d'élevation, il falloit avant toutes choſes en faire une épreuve bien exacte en tirant la piece de canon ou le mortier, ſous un angle bien connu, & meſurant l'étendue de la portée avec toute la préciſion poſſible ; car d'une ſeule experience ſûre & fidele, on vient à la connoiſſance de tous les autres effets par la méthode ſuivante.

Pour ſavoir l'étendue de la portée de votre piece à telle autre élevation qu'il vous plaira, faites que comme le ſinus du double de l'angle de l'élevation ſous laquelle l'experience a été faite, eſt au ſinus du double de l'angle de l'élevation propoſée, ainſi l'étendue de la portée connue par l'experience ſoit à une autre.

Comme ſi ayant fait l'experience de votre piece élevée de 30 degrez vous avez trouvé qu'elle ait chaſſé préciſément à la longueur de mille toiſes, pour ſavoir quelle ſera la portée de la même piece avec la même charge, lorſqu'elle ſera élevée à l'angle de 45 degrez, il faut prendre le ſinus de 60 degrez double de 30, qui eſt 8660, & en faire le premier terme d'une regle de 3, dont le ſecond ſera le ſinus de 90 degrez double de 45, que l'on propoſe, qui eſt 10000 ; le troiſiéme terme doit être le nombre des meſures de l'experience qui eſt ici mille toiſes, le quatriéme terme de la regle ſe trouvera 1155 toiſes pour la portée de la piece élevée de 45 degrez.

Que ſi l'angle de l'élevation propoſée eſt plus grand que 45 degrez, il ne faut pas le doubler pour avoir le ſinus que la regle demande ; mais il faut en ſa place prendre le ſinus du double de ſon complément à l'angle droit, comme ſi l'on propoſe l'élevation de la piece à l'angle de 50 degrez, il faut prendre le ſinus de 80 degrez double de 40, qui fait le complément à l'angle droit du propoſé de 50 degrez.

Mais ſi l'on vous propoſe une étendue déterminée à laquelle on veut que la piece chaſſe, pourvû que cette étendue ne ſoit pas plus grande que celle de l'élevation de 45 degrez pour trouver l'angle de l'élevation qu'il faut donner à la piece pour qu'elle faſſe l'effet propoſé, comme ſi l'on veut que le canon ou le mortier porte à la diſtance de 800 toiſes, ou telle autre meſure qu'il vous plaira, il faut que l'étendue trouvée par l'experience, comme par exemple 1000 toiſes ſoit le premier terme de la regle de 3 ; la portée propoſée de 800 toiſes le 2ᵈ, & que le 3ᵐᵉ terme ſoit 8660 ſinus de 60 degrez double de 30, ſuppoſé l'experience. La regle étant faite on trouvera pour 4ᵐᵉ terme 6928, qui eſt le ſinus de 43 degrez 52 minutes, dont la moitié 21 degrez 56 minutes eſt l'angle de l'élevation qu'il faut donner à la piece, pour faire l'effet propoſé ; & ſi vous ôtez les 21 degrez 56 minutes de 90 degrez vous aurez l'angle de complément 68 degrez 4 minutes que vous pourrez prendre pour l'élevation de votre piece, car elle chaſſera également loin, l'élevant de 21 degrez 56 minutes ou à celui de ſon complément 68 degrez 4 minutes.

Pour plus grande facilité, & pour ôter l'embarras de chercher le ſinus du double des angles des élevations propoſées, Galilée & Toricelli ont fait la table ſuivante, dans laquelle on voit tout d'un coup les ſinus des angles que l'on cherche.

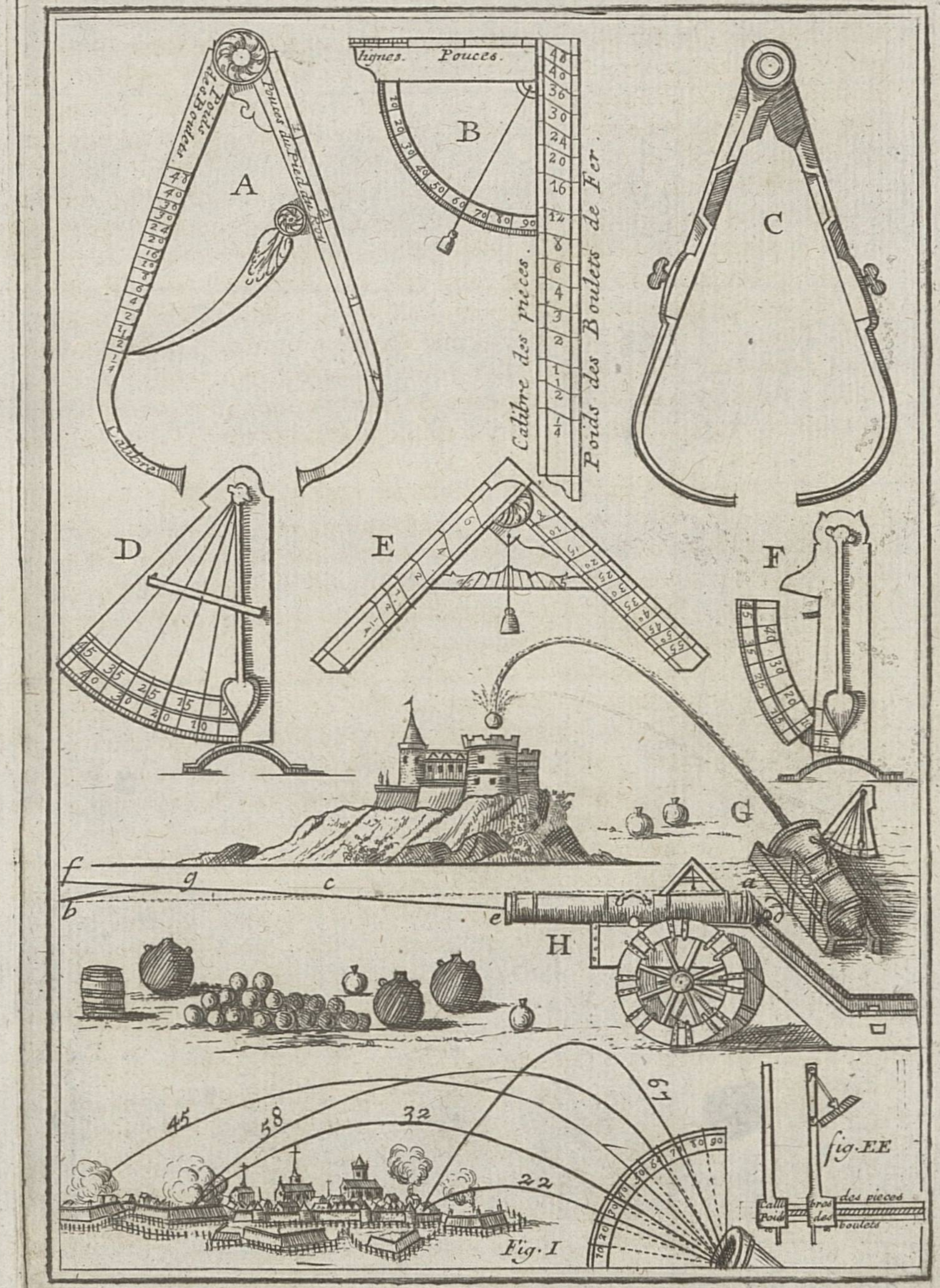

lignes. Pouces.
A
B
C
D
E
F
G
H
Calibre des pieces
Poids des Boulets de Fer.
f
g
c
b
e
a
45
58
32
22
67
fig. EE
Fig. I

Table des sinus servans au jet des bombes.

Degrez.	Degrez.	Portées.	Degrez.	Degrez.	Portées.
90	0	0	0	0	0
89	1	349	66	24	7431
88	2	698	65	25	7660
87	3	1045	64	26	7880
86	4	1392	63	27	8090
85	5	1736	62	28	8290
84	6	2709	61	29	8480
83	7	2419	60	30	8660
82	8	2556	59	31	8829
81	9	3090	58	32	8988
80	10	3420	57	33	9135
79	11	3746	56	34	9272
78	12	4067	55	35	9397
77	13	4384	54	36	9511
76	14	4695	53	37	9613
75	15	5000	52	38	9703
74	16	5299	51	39	9781
73	17	5592	50	40	9848
72	18	5870	49	41	9903
71	19	6157	48	42	9945
70	20	6428	47	43	9976
69	21	6691	46	44	9994
68	22	6947	45	45	10000
67	23	7193			

L'usage de cette table est facile, il ne faut que savoir faire une regle de trois. Supposons, par exemple, qu'on ait reconnu par experience qu'un mortier élevé de 15 degrez chargé de 3 lignes de poudre menue, ait chassé une bombe à 350 toises de distance, & que l'on veuille avec la même charge jetter une pareille bombe à 100 toises plus loin; cherchez dans la table le nombre qui est à côté de 15 degrez vous trouverez 5000. Formez ensuite cette regle de trois, comme 350 sont à 450, ainsi 5000 à un 4me nombre, qui se trouvera 6428. Cherchez ce nombre ou le plus approchant dans la table, vous le trouverez à côté de 20 & de 70, qui signifie, qu'élevant votre mortier à 20 degrez ou à 70, il fera l'effet proposé, & ainsi des autres.

Le Roi a depuis peu de tems établi cinq écolles, dans cinq differentes villes de son Royaume, pour perfectioner les officiers d'Artillerie. Il y a des professeurs en mathematique, & on y fait toutes les épreuves & les experiences necessaires pour former un bon officier de guerre.

Fin du cinquiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A L'ASTRONOMIE,

Tiré des tables Astronomiques de Mr de la Hire, & des observations de l'Academie Royale des Sciences.

LIVRE SIXIE'ME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages du quart de cercle Astronomique.

XIX. Planche. Fig. 1.

LE quart de cercle, dont les astronomes se servent dans leurs observations, a pour l'ordinaire trois pieds ou trois pieds & demi de rayon mesure de Paris, pour qu'il puisse être facilement manié & transporté; son bord est divisé en degrez & minutes, afin que les observations se puissent faire avec exactitude.

Cet instrument est composé de plusieurs regles de cuivre ou de fer bien écroui au marteau & de mediocre épaisseur, dont la largeur doit être parallele

parallele à son plan. Il y a de plus d'autres regles de fer ou de cuivre tellement ajustées & jointes derriere les premieres, que leur largeur soit perpendiculaire au plan du quart de cercle. Ces regles sont jointes ensemble par de petites oreilles & des vis, par le moyen desquelles se fait tout l'assemblage de cet instrument qui doit être bien droit en tout sens, ferme & de mediocre pesanteur. Le derriere du limbe doit être renforcé d'une regle courbe, aussi de même métal. On ajoute au centre une lame circulaire épaisse & solide, pour servir aux usages que nous exposerons ci-après. Le bord & la lame du centre sont un peu élevez au-dessus du plan de l'instrument & sont recouverts de lames de cuivre bien polies. Sur toutes choses il faut avoir grand soin en cette construction que la lame du centre & le limbe circulaire soient exactement en une même surface plane.

La lame de fer circulaire qui est au centre & qui est recouverte d'une autre de cuivre, doit avoir en son milieu un trou rond, dont le diametre soit environ d'un tiers de pouce.

Dans ce trou on met un cylindre de cuivre bien tourné, lequel s'éleve tant soit peu au dessus de ladite lame centrale.

Ce cylindre est represénté en la figure 2; au centre de la base dudit cylindre on ajuste la pointe d'une éguille très-deliée, dont la longueur est inserée dans un petit canal demi-circulaire, & qui y est retenue par le moyen d'un petit ressort, qui la pressant la tient le long de ce canal, afin que quand on ôtera l'éguille & qu'on voudra la remettre, elle se place juste dans le petit trou qui est au centre dudit cylindre; ce trou ne doit être que de la grosseur d'un cheveu, mais il doit être un peu profond, afin que la pointe de l'éguille entre assez, pour qu'elle ne s'échape pas par les secousses qu'on pourra donner au quart de cercle: à la pointe de l'éguille est suspendu un cheveu, par le moyen d'un anneau fait du cheveu même, assez ample, de crainte que le nœud de l'anneau ne rencontre la lame du centre, & que son mouvement n'en soit détourné. Il faut remarquer que la base du cylindre central A, represénté en cette figure, doit être un peu convexe, afin que l'anneau du cheveu suspendu à la pointe de l'éguille ne joigne point ladite base ailleurs qu'en son centre, ayant attaché au bout du cheveu un poids de plomb d'environ demi-once. Fig. 2.

La construction de ce cylindre central doit être de telle maniere que l'on puisse l'ôter & le conserver quand il sera besoin, pour mettre en sa place un autre cylindre central de même grosseur, mais un peu plus long, lequel surpassant la lame du centre soutienne la regle de l'instrument, telle que nous la décrirons ci-après.

On ajoute de plus à la lame centrale de cuivre qui est sur celle de fer un anneau plan A, tournant autour du centre, lequel ne rencontre pourtant pas le cylindre central; de telle sorte que la surface extérieure ne surpasse point la surface de ladite lame de cuivre. On attache à cet anneau, par le moyen de deux vis, un tuyau applati tout le long de la partie qui joint le plan de l'instrument, auquel il s'ajuste de telle sorte, que son côté applati étant plus enfoncé que le plan du bord & de la lame centrale de cuivre, le mouvement du fil avec son plomb pendant du centre, soit toujours libre & se puisse mouvoir de toutes parts avec ledit tuyau qui sert pour le garantir de toute agitation de l'air.

On voit cette piece par derriere à l'endroit marqué M de la figure 3. Fig. 3.

On met auſſi une glace à ladite piece, vis-à-vis du limbe du quart de cercle, afin de voir ſur quel point de diviſion paſſe le cheveu où eſt attaché le plomb. Au-deſſous & aux environs du centre de gravité de toute cette machine, on attache fermement aux regles, par le moyen de trois ou quatre vis un cylindre de fer marqué I, au derriere de l'inſtrument, que la figure repreſente tout monté.

La longueur de ce cylindre doit être de 8 pouces, & le diametre de ſa baſe d'environ deux pouces. Ce cylindre étant perpendiculaire au plan du quart de cercle, ſe peut appeller ſon axe.

Or comme le principal uſage de cet inſtrument eſt pour prendre les hauteurs des aſtres, il faut que ſon plan ſe puiſſe facilement placer dans une ſituation verticale ; c'eſt pourquoi on prepare une regle de fer, comme MN, dont l'épaiſſeur ſoit de trois lignes, la longueur de 8 pouces & la largeur d'un pouce ou environ. D'un côté de cette regle, on ajuſte deux anneaux de fer marquez Z, ouverts par en haut avec des oreilles, dans leſquelles on paſſe à chacune une vis propre à reſſerrer les anneaux qui par ce moyen font reſſort. La grandeur de ces anneaux eſt à peu près égale à la groſſeur du cylindre I, ou de l'axe du quart de cercle, & ces anneaux ayant joint l'axe ſe reſſerrent par le moyen des vis, de telle ſorte que l'axe & le quart de cercle qui y eſt attaché, demeure ferme & immobile en quelque ſituation qu'on le mette.

Fig. 4.

De l'autre côté de ladite regle M N eſt ſoudé & attaché à angles droits le cylindre de fer O, dont la longueur & la groſſeur ſont égales au tuyau marqué Q, dont nous allons parler.

Cette partie ſe nomme le genou de l'inſtrument. Ce genou eſt repreſenté tout monté en la figure 3.

Lorſque l'on veut placer l'inſtrument de maniere que ſon plan ſoit horiſontal, pour ſe ſervir de la regle mobile, dont nous parlerons ci-après, pour prendre les diſtances des aſtres ou des lieux de la terre, on fait entrer le cylindre I dans un tuyau Q, & par ce moyen on tourne facilement le plan du quart de cercle vers telle partie que l'on veut. Cela ſe peut faire auſſi par le moyen d'un double genou, pareil à celui que nous venons de décrire, que l'on joint enſemble.

Il nous reſte à marquer la conſtruction du pied ou ſupport de tout l'inſtrument. Il eſt compoſé pour l'ordinaire d'un tuyau de fer, dont la partie ſupérieure ſoit capable de contenir le genou ou cylindre O. La partie inférieure de ce tuyau traverſe le milieu d'une croix de fer, & y eſt attachée par quatre bras ou liens de fer ; il y a quatre groſſes vis aux quatre bouts de la croix pour hauſſer ou baiſſer le quart de cercle, & le mettre dans la ſituation convenable. Mr de la Hire propoſe un pied triangulaire dans ſes Tables, dont nous allons donner la deſcription.

Il eſt compoſé d'un tuyau de fer ou de cuivre, aſſez ample & aſſez long pour contenir le cylindre O. Ledit tuyau eſt attaché avec deux vis à trois regles de fer courbées par le haut, leſquelles ſont de l'épaiſſeur convenable pour affermir le pied ou ſupport de l'inſtrument. Les regles R, S, ſont ajuſtées vers le bas à une double équerre T X Y, & attachées fermement aux trois regles en deſſous par le moyen d'une clavete. La vis V, qui penetre le milieu du tuyau Q, ſert pour affermir le cylindre O, comme on le veut.

Fig. 5.

Lorſque l'on obſerve les hauteurs méridiennes des aſtres, la regle T Y

doit être placée dans la ligne méridienne, & des trois vis T X Y, qui soutiennent le poids de tout l'instrument, celle qui est en X, sert à baisser le plan de l'instrument jusqu'à ce qu'il convienne avec le plan du méridien, à la commodité de l'observateur qui est placé vers X, & les deux autres servent à le hausser ou baisser peu à peu, jusqu'à ce que le fil du plomb marque la hauteur requise. Mais il arrive souvent qu'en tournant les vis qui sont en T & en Y, le quart de cercle se détourne de sa veritable position ; c'est pourquoi si le défaut est de quelques minutes, on y peut remedier en suspendant au derriere des branches de l'instrument un poids mobile, lequel faisant changer le centre de gravité, fera aussi changer l'inclinaison du quart de cercle, car les regles qui composent le pied ne sont pas entierement exemptes du ressort. Or plus le lieu de suspension du poids sera proche du pied, moins il aura de force pour faire pancher l'instrument.

La hauteur du pied est ordinairement de quatre pieds & demi ou environ, le même usage se fait également avec le pied à quatre branches.

La division du quart de cercle doit être faite avec grand soin, afin que les observations se puissent faire exactement. Chaque degré de la division du bord se divise en 60 minutes, par le moyen d'onze cercles concentriques, & de six lignes droites transversales, comme la figure 6 le marque. *Fig. 6.* Les distances transversales sont égales entre elles, mais celles des cercles sont inégales. Néanmoins cette inégalité n'est presque pas sensible si nous supposons le rayon du quart de cercle de trois pieds, & la distance entre les deux cercles extérieurs, d'un pouce. Car si nous prenons l'arc A E du cercle extérieur de 10 minutes, & que l'on tire au centre C du quart de cercle les rayons A D C, E B C, lesquels rencontrent le cercle intérieur aux points D & B, l'arc D B sera aussi de 10 minutes : (l'on suppose ici que la figure 6 est posée sur le limbe de l'instrument, figure 1).

Mais si on tire les droites transversales A B, D E, lesquelles s'entrecoupent au point F, je dis que F est le point milieu de la division par lequel doit passer le cercle du milieu, car il y a même raison de l'arc A E, à l'arc B D, que l'on peut considerer comme lignes droites, que de A F à F B. Or le rayon qui partant du centre C divise en deux parties égales l'angle au centre, compris par les rayons C D A, C B E, rencontrera la transversale A B au même point F : car il est évident que C A est à C B, comme les divisions de la base A B du triangle rectiligne A C B ; mais comme C A est à C B, ainsi A E est à D B, c'est pourquoi A E est à D B, comme les divisions de la base A B, faites par le rayon qui divise en deux l'angle A C B, & par consequent le point F ci-devant trouvé dans la droite transversale A B, sera le point milieu de la division.

Or nous avons supposé que A C est à C B, comme 36 pouces sont à 35 ; donc A B est à A F, comme 71 à 36. C'est pourquoi si la largeur d'un pouce ou de 12 lignes, qui est la mesure supposée de A B, est divisée en 71 parties égales, la partie A F en aura 36, laquelle sera plus grande d'un demi ou d'environ un douziéme de ligne, que la moitié de A B, qui n'est que 35 & demi. Cette difference n'est d'aucune consequence, & peut sans aucune erreur sensible, se negliger dans la division du milieu, & à plus forte raison dans les autres, où elle est moindre.

On peut, au lieu de faire les transversales en ligne droite, les faire en portion d'un cercle qui passeroit par le centre de l'instrument, & par le

premier point & le dernier de la même tranſverſale ; alors il n'y auroit qu'à diviſer cette portion de circonference circulaire en 10 parties égales, & l'on auroit les points exacts par où doivent paſſer les onze cercles concentriques.

Il eſt facile de calculer le rayon de ce cercle, & de donner cette figure à la regle qui ſervira à diviſer l'inſtrument, comme nous avons dit ci-devant, en parlant de la diviſion des cercles & demi-cercles, &c.

Il ſera bon de laiſſer au bas du limbe, au-deſſous des diviſions, les points qui auront ſervi à faire la diviſion de 10 en 10 minutes, cela donnera moyen de reprendre les hauteurs correſpondantes du ſoleil le matin & le ſoir, avec beaucoup plus de préciſion qu'on ne peut faire en ſe ſervant des tranſverſales, à cauſe de l'eſtime que l'on évite par là, outre qu'il peut y avoir quelque erreur dans les tranſverſales, qui ne ſera pas dans les points ; car il eſt aſſez difficile de faire paſſer des lignes toujours préciſément par où l'on veut, & il eſt rare que les diviſions répondent toujours exactement au milieu du point par lequel on avoit eu intention de les faire paſſer ; & ſi l'on joignoit au quart de cercle un micrometre attaché à la lunete fixe de l'inſtrument, on pourroit ſe paſſer des diviſions par tranſverſales, & les points ſuffiroient, puiſque le micrometre donneroit, par le moyen d'un fil mobile, l'intervale qu'il y auroit depuis le point le plus proche juſqu'à l'endroit où ſe trouveroit le fil, ſans qu'on fût ſujet à l'eſtime, toujours incertaine, à cauſe qu'on n'eſt pas toujours ſûr de l'endroit que coupe préciſément le cheveu ſur la tranſverſale comme ſur le point ; il ſuffiroit pour cela que le filet mobile pût hauſſer ou baiſſer au-deſſus & au-deſſous du filet horiſontal fixe de 10 minutes de degrez, ou un peu plus.

M^r le Chevalier de Louville, de l'Academie des Sciences, ſe ſert avec ſatisfaction, pour ſes obſervations, du quart de cercle conſtruit de cette façon.

Il nous faut maintenant parler des lunetes de longue vue, & par quel moyen on peut trouver le premier point de la diviſion du bord. Je ne crois pas qu'on ait jamais rien inventé de plus induſtrieux & de plus utile en toute l'aſtronomie pratique ; ceux qui ont la vue baſſe, & les vieillards qui ne peuvent diſtinguer les objets qu'à certaine diſtance, peuvent par le ſecours des lunetes & des fils de ſoie très-déliez, voir auſſi diſtinctement les objets éloignez, que ceux qui ont la vue très-fine ; ils peuvent auſſi contempler les aſtres, comme s'ils étoient proches & très-grands, & déſigner leurs vrais lieux. Ces lunetes ont deux verres, dont l'un eſt l'objectif poſé vers l'objet viſible & proche le centre du quart de cercle ; l'autre eſt l'oculaire, lequel doit être placé à l'autre bout de la lunete, vers l'œil de l'obſervateur.

L'objectif eſt une lentille de verre immobile, fermement attachée dans un cadre de fer ou de cuivre, lequel eſt arrêté avec des vis autour du centre de l'inſtrument. Du côté de l'oculaire on met deux fils de ſoie ſe rencontrans à angles droits, dans un cadre de fer, auquel on les attache avec de la cire ſur une petite piece de cuivre, de telle ſorte que l'un ſoit perpendiculaire au plan de l'inſtrument, & que l'autre lui ſoit parallele.

Le verre oculaire doit être mis dans un tuyau pour pouvoir l'avancer ou reculer ſuivant les differentes vues ; la diſtance entre la lentille objective & les fils de ſoie, doit, autant que faire ſe peut, être bien égale à la lon-

gueur du foyer de ladite lentille. Ces lunetes doivent être disposées de telle sorte que la surface de la lentille de verre comme plane, & le plan dans lequel sont les fils de soie soient paralleles & équidistans entre eux & perpendiculaires à la ligne droite, conduite par le centre de la lentille & par le point où se croisent les fils. Ces lunetes s'ajustent derriere l'instrument, afin que le bord de cuivre divisé n'en soit aucunement embarassé.

Entre les cadres qui soutiennent les lunetes, on met un tuyau de cuivre ou de fer, composé de deux parties, dont l'une s'enchâsse dans l'autre, afin que l'on puisse facilement l'ôter des cadres par le moyen des viroles qui les tiennent ensemble.

La lentille convexe oculaire doit s'approcher des fils de soie ou s'en reculer, selon la diverse constitution de l'œil de l'observateur, afin qu'il puisse voir distinctement l'objet éloigné & les fils de soie.

Ce verre oculaire se place dans un petit tuyau mobile, dont la plus grande partie est cachée dans un autre tuyau, comme on le voit par la figure 7.

Toutes les fois que l'on veut nettoyer le dedans de la lentille objective ou remettre des fils de soie à la place de ceux qui se rompent, on détache de ces cadres le tuyau composé de lames de cuivre.

Mais la construction de la lunete oculaire sera bien plus commode si au lieu d'un cadre simple on se sert d'une petite boëte quarrée, épaisse d'environ quatre lignes, dont les deux côtez opposez qui sont paralleles au bord du quart de cercle ayent une renure selon leur longueur, dans laquelle se puisse mouvoir une petite platine de mediocre épaisseur, percée par le milieu d'une ouverture ronde assez grande. *Fig. 7.*

Sur la surface de cette platine representée par la figure *a*, on tracera de part & d'autre les deux diametres de ladite ouverture, dont l'un est parallele au bord, & l'autre lui est perpendiculaire, afin d'y pouvoir appliquer les fils de soie, & les bien remettre en leur place toutes les fois qu'on les renouvelle. Cette platine est fort utile pour approcher ou reculer les fils de soie autant qu'il est besoin; & quand ils seront bien placez on fera tenir avec de la cire ladite platine à la petite boëte, laquelle doit être garnie de son couvercle à coulisse, pour garantir les fils de soie de l'injure du tems & de tout autre accident.

Le dedans du tuyau doit être noirci avec de la fumée de résine, afin de garantir l'œil des rayons trop forts qui partent de l'objet lumineux, & que par ce moyen la vision en soit plus parfaite. La figure 7[me] fait voir aussi la construction de la boëte ou porte-filets dans laquelle on peut mettre au lieu des filets de soie une petite glace, sur laquelle on a tracé deux lignes fines à angles droits, telle que nous le verrons en parlant du micrometre.

La lunete étant preparée & placée dans une situation commode, parallele au rayon du quart de cercle, il faut chercher par la méthode qui suit, le premier point de la division du bord, lequel soit éloigné de 90 deg. de la ligne de foi des lunetes, ou d'une ligne qui lui soit parallele, passant par le centre dudit quart de cercle. Mais auparavant il nous faut parler de cette ligne de foi, au sujet de laquelle M[r] de la Hire dit, qu'il eut autrefois une longue controverse avec des personnes fort celebres & grands astronomes, lesquels prétendoient qu'il étoit impossible de trouver une ligne de foi stable & constante dans ces sortes de lunetes, ne faisant pas suffisamment attention aux regles de la dioptrique.

Il eſt évident par la dioptrique que tous les rayons, qui partant d'un même point paſſent par une lentille de verre, concourent après leur ſortie tous à un même point, que l'on appelle foyer, pourvû toutefois que la diſtance du point rayonant à la lentille, ſoit plus grande que le demi-diametre de l'une & l'autre convexité que nous ſuppoſons ici égales; que de plus entre les rayons qui du point rayonant tombent ſur la ſurface antérieure de la lentille, celui qui concourt avec la ligne droite qui conjoint les centres des convexitez, ne ſouffre aucune refraction à l'entrée non plus qu'à la ſortie de la lentille; c'eſt pourquoi les points des objets qui ſont dans cette ligne droite, ſe repreſentent dans la même ligne que l'on nomme l'axe du tuyau optique, & le point de cet axe qui eſt dans le milieu de l'épaiſſeur de la lentille, s'appelle le centre de ladite lentille.

Si la ligne droite qui paſſe par le centre de la lentille, & par le point où ſe croiſent les fils, convient avec l'axe dudit tuyau optique, elle ſera la ligne de foi des lunetes, & un objet fort éloigné, poſé dans l'axe prolongé, paroîtra dans le point même où ſe croiſent les fils, ni plus ni moins que dans les alidades communes où l'on prend pour ligne de foi la ligne droite, qui paſſant par les fentes des pinules, eſt conduite juſqu'à l'objet. Mais quoiqu'il n'arrive preſque jamais dans la poſition des lunetes que nous avons établie, que la ligne droite conduite de l'objet au point où ſe croiſent les fils & où ſe repreſente ledit objet, convienne avec l'axe optique, nous ne laiſſerons pas cependant de trouver cette ligne de foi des lunetes qui s'étend en ligne droite depuis l'objet juſqu'à la repreſentation qui ſe fait au point où ſe croiſent les fils; ce qui ſe démontre par le diſcours ſuivant.

XIX. Planche. Fig. 8. Soit la lentille de verre X V, ſon axe A C B, & ſon centre C; ſoit en outre F, le point où ſe croiſent les fils de ſoie hors de l'axe A C B. Si du point F, qui par la conſtruction eſt éloigné de la lentille, de la longueur de ſon foyer, quelques rayons paſſent & ſortent juſqu'à la ſurface oppoſée de ladite lentille, ils ſouffriront une refraction à leur entrée dans ladite lentille, & une ſeconde refraction à leur ſortie, après quoi ils ſe continueront paralleles entre eux. Or ces rayons paralleles entre eux le ſont auſſi à un des rayons qui du point F tombent dans la lentille, ſavoir F E, lequel après la premiere refraction au point E, paſſe par le centre C, car après une ſeconde refraction à ſa ſortie, au point D, il ſe continue de D en O, parallele au même F E, ſuivant la regle de la dioptrique. Mais tous les rayons briſez après la ſortie de la lentille ſont comme paralleles entre eux, s'ils appartiennent à un point O, fort éloigné, c'eſt pourquoi ils ſont auſſi paralleles au rayon F E O, qui de l'objet eſt prolongé directement au point O, & c'eſt cette ligne droite F E O, que nous appellons ligne de foi dans la ſuſdite poſition des lunetes, & elle demeurera toujours la même, ſi l'on ne change point la ſituation deſdites lunetes, c'eſt-à-dire, que la lentille de verre & les fils croiſez ſoient en la même poſition & diſtance. L'objet O étant en un des points extrêmes de la droite F E O, ſe preſentera au point F.

Il eſt à remarquer que la diſtance entre le rayon principal O D, qui du point O de l'objet tombe ſur la lentille, & ſon rayon briſé E F, eſt toujours moindre que l'épaiſſeur de ladite lentille D E, laquelle eſt inſenſible & de nulle importance dans la diſtance d'un objet fort éloigné, & que

cette distance des rayons paralleles O D, O E F, est d'autant moindre que la lentille sera plus directement tournée vers la position des fils, comme nous avons averti en la construction.

Toutefois il pourroit se faire que le point F se rencontreroit dans l'axe même ; mais il n'est pas besoin de nous arrêter davantage sur cette matiere.

Il nous faut présentement expliquer de quelle maniere on peut trouver le premier point de la division du bord du quart de cercle. Ayant affermi le plan du quart de cercle en une situation verticale, par le moyen du fil & de son plomb C D, dirigez la lunete vers un point visible fort éloigné, posé proche l'horison sensible, eu égard au lieu où est placée la lunete de l'instrument ; ce que l'on pourra premierement connoître en marquant sur le bord le point B, dans le rayon C B, parallele à l'axe du tuyau, que l'on peut connoître à peu près; & en prenant le point D, éloigné dudit point B, de 90 degrez ; car lorsque le fil du pendule touchera le point D, l'objet qui paroît au point où se croïsent les fils de soie, ou qui se voit par la lunete, sera proche l'horison ; car l'horison sensible doit faire angle droit avec le fil du plomb C D. Mais comme nous ne sommes point encore certains que la lunete soit parfaitement horisontale & de niveau, on renversera l'instrument en sorte que le point D soit en haut & le centre C en bas ; mais en cette transposition il faut avoir soin que la ligne de foi des lunetes soit à la même hauteur qu'elle étoit en la premiere position. Ayant derechef dirigé les lunetes vers le point premierement observé, en sorte qu'il paroisse au point où se croisent les fils, & ayant ajusté au centre de l'instrument le cylindre sur lequel le centre C du quart de cercle avoit déja été marqué, on attache le cheveu avec de la cire sur le bord au point D, qui porte le plomb, & s'il passe juste au centre C, il est certain que la ligne de foi des lunetes est exactement de niveau & dans l'horison sensible avec l'objet visible. Car cette ligne de foi demeurant la même dans l'une & l'autre situation du quart de cercle & prolongée avec la verticale C D, le point D sera le commencement de la division du bord, étant dans la ligne verticale & sous le zénit à l'égard de la ligne de foi de la lunete ou d'une autre ligne qui lui est parallele, avec lesquelles la verticale C D, fait angles droits.

Fig. 1.

Mais si après avoir renversé l'instrument, le cheveu du plomb suspendu du point D ne rencontre pas précisément le centre C, il faudra mouvoir le fil ou le cheveu jusqu'à ce qu'il passe par ledit centre C, sans changer aucunement la situation du quart de cercle, ni des lunetes qui doivent toujours, comme auparavant, être dressées vers l'objet ; pour lors on marquera dans l'arc de cercle D E, décrit du centre C, passant par le point D, le point E qui se trouve sous le fil.

Je dis que si l'on divise en deux parties égales l'arc D E au point O, ce même point O sera le premier point de la division, & que le rayon C O fera un angle droit avec la ligne de foi, des lunetes. Cette operation est claire par elle-même, car la ligne de foi, ou le rayon C B qui lui est parallele, ne changeant point en l'une & en l'autre position du quart de cercle, si l'angle B C D en la situation naturelle de l'instrument est plus grand qu'un droit, c'est-à-dire, si le point de l'objet miré est au-dessous de l'horison, il est évident que la verticale C D prolongée, correspondante au

fil du plomb, fait avec la ligne de foi un angle plus petit qu'un droit, à savoir, le supplément de l'angle B C D qui est égal à l'angle B C E; c'est pourquoi l'angle B C O, qui est moyen entre le plus grand & le plus petit qu'un droit, lequel est fait par le rayon C O, & la ligne de foi, sera droit, ce qu'il falloit démontrer.

On pourra encore avoir le premier point de division en connoissant un point parfaitement de niveau avec votre œil; & plaçant la lunete dans ce point, l'endroit où tombera le cheveu sera le premier point de division.

On peut faire la preuve de cette operation, si le fil du plomb passant par le point O, l'objet fort éloigné paroît au point où se croisent les fils. Car ayant renversé l'instrument, & la lunete étant toujours dirigée vers le même objet, le fil du plomb passera par les points O & C, autrement il y aura de l'erreur dans les observations.

Etant bien assuré du premier point de la division, on tracera du centre C deux portions de cercle à un pouce de distance l'une de l'autre pour renfermer les divisions. On se servira pour cela d'un compas à coulisse, dont les pointes soient bien fines, & dont celle du bout puisse avancer ou reculer petit à petit par le moyen d'une vis & d'un écrou qui est ajusté au bout de la branche du compas; ensuite du point O, premier point de division, & de la même ouverture d'un de ces arcs, on marquera une section, puis on divisera cette distance en deux juste, que l'on transportera au-delà de la section qui donnera le point B, & qui divisera le quart de cercle en trois également, qui vaudront chacun 30 degrez.

Ces distances seront encore partagées en 3, puis en 2; enfin chacune de ces parties sera divisée en 5, & le quart de cercle sera divisé en 90 degrez. On divisera ensuite chaque degré en six parties égales, qui vaudront dix minutes.

Les circonferences intérieure & extérieure étant très-parfaitement divisées de la maniere que nous venons de dire, on tracera des lignes très-fines en transversales, c'est-à-dire, du premier point de division de l'arc d'en haut, & du second d'en bas, & ainsi de suite de divisions en divisions, telle que la figure 6 le montre; puis on partagera la distance des deux arcs de cercles en dix également, & du centre C on tracera par ces points de divisions neuf arcs de cercles, qui partageront les transversales en dix, & par ce moyen le quart de cercle se trouvera divisé de minute en minute. Il faut se servir pour cela de bons compas bien fins, & tracer les lignes & les cercles bien délicatement; & pour les petites divisions, on doit avoir de petits compas à ressort, dont les pointes ne soient pas plus grosses qu'une éguille, & d'un bon trace-ligne bien fin.

Outre les 90 degrez du quart de cercle, on continue pour certains usages la division d'environ 5 degrez au-delà du point O.

Toutes les fois que l'on transportera cet instrument par chariots ou sur des chevaux, il faudra le rectifier de crainte que les lunetes ne soient ébranlées, ce qui arrive souvent aux fils de soie, encore même que l'instrument ne change pas de place, principalement lorsque le soleil échaufe le tuyau de la lunete; car pour lors les fils se bandent, & puis à l'absence du soleil ils se relâchent & diviennent crêpus, & ainsi ils ne sont plus propres à faire des observations. On peut néanmoins se passer de faire la preuve de la lunete, lorsque l'on croira qu'il ne sera arrivé aucun changement aux fils

fils de soie, puisque le verre objectif demeure immobile & toujours le même, & que la courbure des fils causée de tems en tems par l'humidité de l'air, se rétablit le plus souvent au premier beau tems.

Il faut remarquer que si l'on remet de nouvelles lunetes à un instrument déja divisé, il sera très-difficile de les faire convenir avec la division ; c'est pourquoi en ayant fait l'épreuve, comme nous avons dit ci-devant, on connoîtra de combien les lunetes font l'angle plus petit ou plus grand qu'un droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, il faudra avoir égard à cette difference en toutes les observations ; car si cet angle est plus grand qu'un droit, toutes les hauteurs observées seront plus grandes que les veritables de la quantité de cette difference ; & au contraire si cet angle est plus petit qu'un droit, les veritables hauteurs seront plus grandes que les observées ; cependant on pourroit placer les fils de soie de telle maniere que la ligne de foi des lunetes feroit un angle droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, en appliquant les fils sur une platine mobile, comme nous avons dit en la construction. Mais comme dans les voyages il faut souvent faire la preuve de cet instrument, & que la susdite méthode est sujete à beaucoup d'incommoditez, tant parce qu'il est difficile de renverser l'instrument de maniere que le tuyau de la lunete reste à même hauteur, qu'à cause des differentes refractions de l'atmosphere autour de l'horison à differentes heures du jour, comme aussi par l'agitation & l'ondulation de l'air, & autres choses semblables : nous ajoutons ici deux autres méthodes propres à rectifier ces sortes d'instrumens, afin que chacun puisse choisir celle qui lui paroîtra plus commode selon les tems & les lieux.

Seconde méthode pour éprouver la position des lunetes de longue vue.

POur cette operation nous choisissons un lieu d'où l'on puisse voir distinctement un objet éloigné du moins de mille toises, & dont l'élevation sur l'horison ne surpasse point le nombre des degrez que l'on marque sur le bord au-delà du commencement de la division. Ayant donc observé la hauteur de cet objet telle qu'elle paroît par les degrez du bord, on mettra devant le quart de cercle, & le plus près qu'il se pourra, un vase de large embouchure, qu'on remplira entierement d'eau jusqu'au sommet des bords, le plus à comble que faire se pourra. Ensuite il faut hausser ou baisser le vase jusqu'à ce que par la lunete on voie ledit objet sur la surface de l'eau comme dans un miroir, ce qui ne sera pas difficile, pourvû que la surface de l'eau ne soit pas troublée par l'agitation de l'air ; nous aurons donc l'abaissement de cet objet par réflexion, & on le verra dans la situation droite, car nous nous servons de lunetes composées de deux lentilles de verre convexe qui representent les objets renversez ; mais par la reflexion, un objet renversé se renverse encore une fois ; c'est pourquoi il paroît droit.

Il faut remarquer cependant que l'abaissement de l'objet peut quelquefois se voir sur les degrez du bord comme la hauteur, ce qui arrivera si l'angle fait de la ligne de foi & du rayon qui passe par le premier point de la division est plus grand qu'un droit, & au contraire, en d'autres cas la hauteur paroîtra comme l'abaissement, si l'angle de la ligne de foi avec

le rayon qui paſſe par le premier point de la diviſion eſt plus petit qu'un droit. Mais en tous les cas, ſans avoir égard à l'élevation ou l'abaiſſement marqué ſur le bord, le point milieu marqué exactement entre les deux obſervations, ſera vertical & répondra au Zénith, par rapport à la ligne de foi des lunetes.

Ayant donc trouvé l'erreur de l'inſtrument, c'eſt-à-dire, la difference entre le premier point de la diviſion marqué ſur le bord & le point qui répond au Zénith, on tâchera de remettre les fils de ſoie en leur vraie poſition, ſi cela ſe peut faire commodément, ſinon il faudra avoir égard à l'erreur que l'on a reconnu en toutes les obſervations, ſoit d'élevation, ſoit d'abaiſſement.

Mais il faut remarquer que ſi l'objet eſt proche & élevé ſur l'horiſon de pluſieurs minutes, il faudra trouver la veritable erreur de l'inſtrument, par le calcul en la maniere ſuivante.

Dans un triangle dont un côté ſoit la diſtance connue entre le lieu de l'obſervation & l'objet, l'autre côté ſoit la diſtance entre le point milieu de la longueur de la lunete, & le point de la ſurface de l'eau où elle eſt rencontrée par le rayon refléchi avec l'angle compris de ces deux côtez, à ſavoir l'angle ou l'arc compris entre les obſervations de l'élevation & de l'abaiſſement de l'objet, on trouvera par le calcul l'angle oppoſé au plus petit côté; de la quantité de cet angle, il faut diminuer l'arc entre les obſervations du côté du quart de cercle prolongé, & le point milieu de l'arc reſtant ſera le vrai commencement de la diviſion.

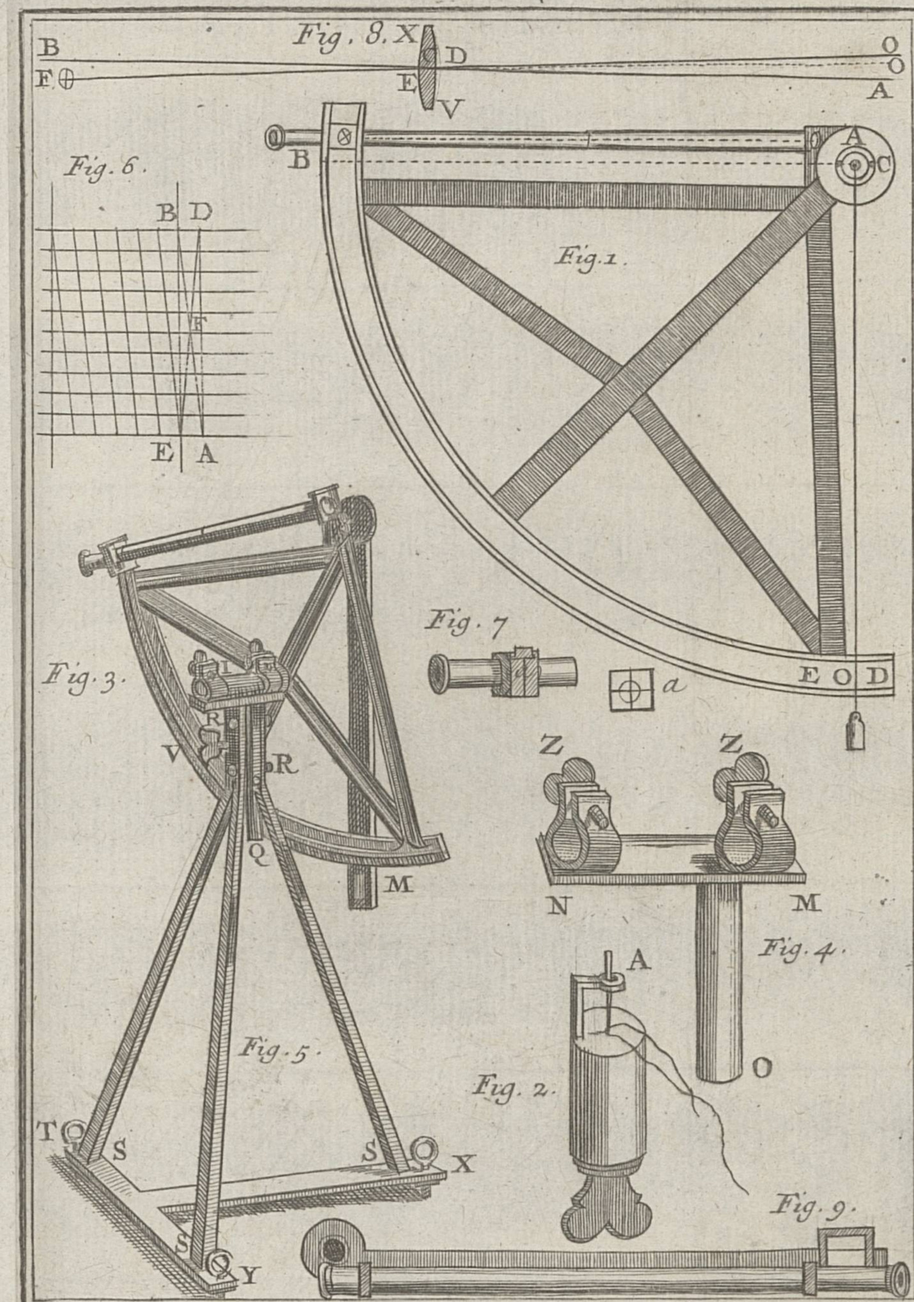
Ainſi on peut trouver la diſtance entre le point milieu du tuyau de la lunete & le point de la ſurface de l'eau rencontrée par le rayon refléchi, par le moyen d'une regle ou d'un fil tendu & prolongé depuis ledit tuyau juſqu'à la ſurface de l'eau.

Troiſiéme méthode.

CEtte operation eſt ſimple, mais les obſervations ne ſont pas faciles à faire. Nous ſuppoſons en cette méthode, comme en la precedente, qu'il y a ſur le bord du quart de cercle quelques degrez marquez & diviſez au-delà du point de 90 de hauteur, qui répond au Zénith. Nous obſervons pendant une belle nuit, le tems étant ſerein & tranquile, la hauteur méridiene de quelque étoile qui approche de notre Zénith, ayant tourné vers l'orient la face diviſée du bord de l'inſtrument. La nuit ſuivante, ou peu de tems après, nous obſervons ſemblablement la hauteur méridiene de la même étoile, mais la face diviſée du bord étant tournée vers l'occident : je dis que le point milieu de l'arc entre les obſervations eſt le point de 90 degrez, c'eſt-à-dire, par où paſſe le rayon parallele de la ligne de foi de la lunete.

Cette troiſiéme méthode eſt fort utile pour prouver la poſition des lunetes, que l'on ajuſte non ſeulement aux quarts de cercle, mais principalement aux inſtrumens qui contiennent la huitiéme ou ſixiéme partie, ou toute autre portion de cercle; car par ſon moyen on connoîtra auquel des rayons de l'inſtrument ſera parallele la ligne de foi deſdites lunetes.

Nous parlerons ci-après de la maniere d'obſerver les aſtres dans le


Fig. 8.
Fig. 6.
Fig. 1.
Fig. 7
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 2.
Fig. 9.

méridien, ou la médiation du Ciel, & de la maniere d'obſerver les étoiles avec les lunetes de longue vue.

De la regle mobile du quart de cerle.

IL ne nous reſte plus qu'à parler de la conſtruction & uſage de la regle du quart de cercle. Cette regle n'eſt autre choſe qu'une alidade mobile avec une lunete qui fait le même effet que les alidades des autres inſtrumens pour faire tel angle que l'on veut avec la lunete immobile & attachée au quart de cercle. On l'appelle regle, parce que la principale partie eſt une regle de fer ou de cuivre percée par un bout, & tellement ajuſtée au cylindre central, dont nous avons parlé ci-devant, qu'elle ne peut ſe mouvoir que d'un mouvement circulaire. Fig. 91

Sur cette regle on attache deux cadres de fer ou de cuivre ; dans le cadre qui eſt vers le centre de l'inſtrument on met la lentille objective, & dans l'autre l'oculaire avec les fils de ſoie qui ſe croiſent, leſquels compoſent enſemble une lunete de longue vue, ſemblable en toutes ſes parties à l'autre lunete, dont nous avons ci-devant parlé, laquelle eſt attachée au quart de cercle.

A l'extremité de la regle qui joint le bord du quart de cercle on fera une petite fenêtre de la grandeur environ d'un degré, comme ils ſont marquez en la diviſion du bord. On met à cette petite ouverture un cheveu tendu, lequel paſſant par le milieu eſt continué au centre du quart de cercle.

Mais comme dans l'uſage de cette regle un cheveu eſt ſujet aux diverſes inconſtances de l'air, nous mettrons à ſa place une lame de corne bien claire, ou un verre blanc & uni, ajuſté dans un petit chaſſis. Sur ſa ſurface qui regarde le bord de l'inſtrument nous y traçons une ligne droite, laquelle ſera dirigée au centre de l'inſtrument. On fera tenir ce chaſſis à la petite fenêtre qui eſt au bas de la regle, par le moyen de quelques vis.

Avant que d'en venir à l'uſage, il faut éprouver la lunete, afin de connoître ſi celle qui eſt immobile & attachée à l'inſtrument convient avec celle qui eſt mobile. Pour cet effet ayant placé horiſontalement le plan de l'inſtrument, & ayant dirigé la lunete immobile vers un point de quelque objet viſible, éloigné au moins de 500 toiſes, on tournera la regle juſqu'à ce que l'on apperçoive le même objet par la lunete de ladite regle mobile, ou du moins qu'il paroiſſe dans le fil de ſoie perpendiculaire au plan du quart de cercle : car il importe peu que l'objet ſoit au point où ſe croiſent les fils en chaque lunete, ou dans le fil perpendiculaire. Regardez pour lors le point de la diviſion auquel convient la ligne de foi de la regle ; que ſi la ligne marquée ſur la feuille de corne tombe juſtement ſur le point de 90 degrez de la diviſion, c'eſt une marque que leſdites lunetes conviennent enſemble, ſinon, ou il faudra replacer ladite feuille de corne pour la faire convenir, ou bien dans les obſervations des angles il faudra toujours avoir égard à la difference qui ſe trouve entre le premier point de la diviſion & la ligne tracée ſur ladite corne ou verre.

Pour ce qui regarde les diſtances entre deux objets, ſoit au ciel, ſoit ſur la terre, le plan de l'inſtrument étant ſitué de maniere que les objets y conviennent, on obſervera les angles de la même maniere que l'on fait

avec des alidades ordinaires, c'est-à-dire, celles qui sont au demi-cercle ou autres instrumens, dont nous avons parlé au Livre IV.

CHAPITRE II.

Description d'un instrument pour prendre la hauteur des astres, nommé octans, & de quelques autres instrumens servans à l'astronomie.

DAns le memoire de l'Academie des Sciences de 1718, où il est parlé de la grandeur & de la figure de la terre; Mr Cassini y donne la construction du quart de cercle & de l'octans; nous ne parlerons ici que de ce dernier instrument, ayant donné ci-devant la construction du quart de cercle, suivant les memoires de Mr de la Hire; nous allons rapporter ce que dit Mr Cassini au sujet de l'octans. Le quart de cercle ne pouvant pas toujours être placé à cause de sa grandeur dans les endroits où il est necessaire d'observer, on se sert de l'octans parce qu'il a moins d'étendue & que les degrez sont d'égale grandeur.

XX. Planche.

Fig. 1.

Le rayon de cet instrument est de 36 pouces, depuis le centre jusqu'à l'extremité du limbe A B C; il represente une portion de cercle d'un peu plus de 50 degrez; on le divise en degrez, & les degrez en minutes comme nous le dirons après avoir donné la construction de l'instrument & de ses differentes parties. Le limbe A B C, est une plaque de cuivre circulaire d'environ vingt lignes de largeur & d'une ligne d'épaisseur, ce limbe est arrêté fixement sur une plaque de fer de figure semblable, il y a une regle de fer circulaire posée sur le champ derriere le limbe pour le renforcer, cette regle a d'espace en espace divers tenons coudez par le moyen desquels on l'applique fixement avec des vis contre le limbe de fer. D L est une regle de fer platte avec un tenon à son extremité L, qui entre dans le limbe A B C, dans une entaille qui est derriere où elle est attachée à rase dudit limbe; l'autre bout D de cette regle qui est élargi en cercle passe vers l'autre extremité, & forme le centre de l'instrument, elle est recouverte à cet endroit pardevant d'une plaque de cuivre qui est dressée exactement dans le plan du limbe de cuivre: cette plaque aussi-bien que la regle qui la soutient, est percée au milieu d'un trou cylindrique de quatre lignes de diametre, de sorte que ce trou étant bouché exactement par un cylindre de cuivre, le centre de la base de ce cylindre qui est dans le plan de la plaque est aussi le centre de l'instrument.

La regle D L est renforcée & maintenue par la regle de fer K N, elle est attachée par un bout à la plaque du centre, & par l'autre bout au limbe A B C. Il en est de même de la regle O P, & de la regle M F, qui sont mises pour maintenir l'instrument & sont aussi pour la plupart renforcées par des regles sur le champ, & arrêtées avec des vis.

Mais je croi que pour que l'instrument fût plus stable & plus solide, il faudroit que le limbe & les branches fussent forgées & brasées comme si c'étoit d'une même piece; après l'avoir bien dressé on le renforcera par derriere de regles mises sur le champ, & retenues par des tenons & des vis, comme il a été dit ci-devant. Il en est de même pour les quarts de cercle & les sextans. Il est à remarquer que les deux regles O P & M F doivent être

placées de maniere que le point de leurs concours avec tout le corps de l'instrument soit à peu près le centre de gravité.

On place derriere le limbe une lunete R S, dont le tuyau est quarré & dont l'axe doit être parallele au rayon qui passe par le centre & par le commencement de la division ; l'extremité du tuyau de cette lunete est attachée d'un côté à la plaque ronde D E, & de l'autre au limbe A B C : on applique aussi derriere le limbe une autre lunete G I, dont le tuyau qui est aussi quarré coupe à angles droits le tuyau de la lunete R S ; ensorte que la partie F H, est commune aux deux lunetes : cela se fait en taillant les deux tuyaux à cet endroit, & on les retient avec des vis à la regle M F; il est à remarquer que les bouts de ces deux lunetes doivent être ronds en dedans, pour y pouvoir faire entrer les petits tuyaux qui portent les filets & les verres.

La regle T V qui sert d'alidade est de fer, & la lunete qui est posée dessus est ronde & de cuivre ; elle a vers une de ces extremitez du côté de l'objectif une plaque ronde, qui est percée d'un trou cylindrique du diametre égal à celui qui est au centre de l'instrument ; afin que le même cylindre qui passe par ce trou entre aussi exactement dans cette plaque. Vers l'extremité de la lunete T V du côté de l'oculaire, il y a de même qu'à l'alidade du quart de cercle, une piece coudée qui embrasse l'épaisseur du limbe avec une vis par-dessous pour arrêter l'alidade dans la situation que l'on veut, & un petit chassis par-dessus qui porte un cheveu que l'on dirige par le moyen d'une coulisse ; ce cheveu doit être dirigé au centre & peut avancer ou reculer & être arrêté fixement à l'alidade par le moyen de deux vis.

Les trois lunetes S R, G L, V T, ont chacune au foyer commun du verre objectif & de l'oculaire, un chassis qui entre à coulisse par l'un des côtez & qui porte deux soies qui se coupant à angles droits doivent être paralleles aux côtez de la lunete. On les arrête dans cette situation par le moyen de deux vis. Nous allons expliquer ceci un peu plus en detail par le moyen de la figure 2me. Cette lunete est composée de deux pieces F R, V R, qui entrent exactement l'une dans l'autre, & qui ont vers leurs extremitez, deux quarrez de cuivre M & N, d'égale grandeur, percez chacun d'un trou concentrique, dont la distance est un peu plus petite que la longueur du rayon de l'instrument. On tourne ces tuyaux de sorte que les côtez correspondants des deux quarrez soient sur un même plan, & on les arrête dans cette situation. Fig. 2.

Ayant placé dans le tuyau F V, un verre objectif vers son extremité F ; On fait entrer à l'autre extremité V, un petit tuyau *a b*, dont la longueur est égale à celle du foyer du verre, à l'extremité *f g*, de ce tuyau on place deux fils de soye simple *a e*, *f g*, qu'on fait croiser à angles droits. On enfonce le petit *a b*, dans le grand F V, ensorte que les fils *a e*, *f g*, soient au foyer du verre objectif, & on les tourne de maniere qu'il soient paralleles aux côtez des quarrez ; on place le verre oculaire à l'extremité C d'un autre petit tuyau *c d*, de même diametre, & qui entre exactement dans le tuyau de la lunete & s'applique au tuyau *a b*, qui porte les fils. Pour ce qui est du verre objectif, il faut qu'il soit bien centré, c'est-à-dire qu'à sa circonference il soit par tout d'égale épaisseur, afin que l'axe du verre soit le même que celui de la lunete.

Pour examiner si ce verre est bien centré l'on met la lunete sur un plan horisontal, & ayant regardé un objet éloigné qui tombe sur l'intersection des fils, on marque exactement la situation de la lunete sur le plan, on la tourne ensuite sur le côté opposé en la mettant dans la même situation, & l'on observe si le même objet tombe sur l'intersection des fils. S'il y a quelque difference, il faut pousser le verre objectif jusqu'à ce que ce concours se fasse exactement ; on fait ensuite la même operation sur les deux autres côtez du quarré, & si l'objet se rencontre de même sur l'intersection des fils, on est assuré que la lunete est bien centrée ; s'il y a quelque difference il faut pousser le verre objectif de côté ou d'autre jusqu'à ce que le même objet se trouve precisement dans l'intersection des fils, de quelque côté qu'on pose la lunete, & on arrête l'objectif dans cette situation.

La lunete étant en cet état on place les deux quarrez de cuivre qui sont joints à la lunete figure 2, dans deux chassis quarrez qui sont arrêtez sur l'alidade l'un vers le bord interieur du limbe ; & l'autre vers l'extremité de l'alidade du côté du centre, mais à distance égale du rayon qui part du centre, & qui passe par le point de la division où l'on a marqué 90 degrez. Le diametre interieur de ces chassis est un peu plus grand que le diametre exterieur des quarrez, & ils ont à trois de leurs côtez des vis qui entrent à écrou dans leur épaisseur, & servent à arrêter la lunete après qu'on l'a avancée de côté ou d'autre, jusqu'à ce que son axe soit exactement parallele au rayon qui passe par le centre & par le point de la division de 90 degrez.

Pour observer les hauteurs apparentes des astres ou de quelques autres objets sur l'horison artificiel, on a un cylindre de cuivre *a b d e*, dont le diametre *a d*, est égal au diametre du trou cylindrique du centre de l'instrument, figure 1 & dont la longueur *a b* est égale à l'épaisseur du trou. On arrête fixement sur la surface exterieure *a d*, de ce cylindre une piece de cuivre *g f*, perpendiculaire à cette surface. Cette piece a deux petites oreilles *i l*, qui sont percées chacune d'un fort petit trou, pour y faire passer une éguille déliée, dont la pointe entre précisément dans le centre du cylindre qui est aussi percé d'un très petit trou en *c*, l'on fait entrer ce cylindre par derriere l'instrument, en sorte que sa surface exterieure soit exactement dans le plan du limbe, & on suspend à l'éguille qui repond au centre un cheveu dont la longueur doit un peu exceder celle du rayon de l'instrument, & à l'extremité duquel est attaché un petit plomb. Lorsqu'on se sert de l'alidade pour observer les angles de position, qui sont entre divers objets disposez sur l'horison, on a un autre cylindre de cuivre *a b d e*, dont le diametre *a d* est égal au trou qui est au centre de l'instrument, & dont la longueur *a b* est égale à l'épaisseur du trou plus celle de l'alidade, on fait entrer ce cylindre dans le centre de l'instrument, & dans celui de l'alidade, & on l'arrête par le moyen d'une vis *f g*, qui entre à écrou dans son épaisseur.

Fig. 3. Fig. 9.

La division de cet instrument se fait comme au quart de cercle & comme au sextans ; on le divise en degrez & minutes de cette maniere, on decrit du centre sur le limbe deux arcs concentriques éloignez l'un de l'autre d'environ 13 lignes, après avoir tracé un rayon du centre perpendiculaire à l'endroit où doit commencer la division, on divise chacun de

ces arcs en degrez & chaque degré en six parties qui sont chacune de dix minutes. Chacun de ces degrez est de la maniere qu'on l'a representé dans la figure 4. On tire du commencement O de la division du cercle interieur, une ligne transversale à la division X du cercle exterieur, & ainsi de suite. On divise ensuite la ligne O X, en deux parties proportionnelles aux rayons C O, C X, des deux cercles, & l'angle O C X qui est de dix minutes se trouve divisé en deux parties égales au point Z. On divise ensuite chacune de ces parties O Z, Z X, en cinq autres parties, ayant égard à l'inégalité que ces cinq parties doivent avoir entre elles, à cause de leur diverse distance du centre, & l'on décrit du centre C, par les points de ces divisions 1, 2, 3, &c. des arcs concentriques aux deux arcs O S L T, qui divisent toutes les transversales en dix parties, dont chacune repond à une minute. On suppose ici que toutes les operations dont on vient de parler se sont faites sur le limbe de l'instrument. Fig. 4.

Le pied pour porter l'instrument est composé de deux barres de fer A B, C D de la figure d'un arc, qui se croisent ensemble à angles droits, & s'appliquent exactement l'une sur l'autre par le moyen d'une entaille qu'on a faite dans leur commune interfection. Ces barres sont percées à leur extremité A B, C D, par des écrous ou entrent des vis de cuivre de 7 à 8 lignes de diametre, qui servent à hausser ou baisser le pied. I E est un canon de fer terminé à son extremité E par un tenon E X; on fait entrer ce tenon dans un trou quarré qui est dans l'intersection commune des deux barres, & on l'arrête par dessous avec une clavette X; le canon I E est soutenu dans une situation perpendiculaire par quatre barres coudées F M G M, H N L N, qui entrent d'un côté dans le canon en M & en N, & de l'autre côté dans les extremitez des barres en F G, H L, & on les arrête par dessous avec des clavetes. On fait entrer dans le canon I E une broche O P cylindrique qui peut tourner sur son axe, & que l'on arrête dans la situation que l'on veut par le moyen de la vis K, qui est au canon du pied: cette broche est soudée à une plaque horisontale Q R, qui lui est appliquée à angles droits, & qui porte deux viroles Q R, dans lesquelles entre la broche X Z, figure 7 qui est pressée en dessous par un ressort V, & par dessus par deux vis S T, qui entrent à écrou dans les viroles Q R; cette broche X Z, est jointe à une forte plaque de fer quarrée qui est fendue par dessous pour embrasser la lunete G I, elle est attachée par quatre vis au cercle qui est dans le centre de gravité de l'instrument. Dans cet état, le plan de l'instrument qui est perpendiculaire à la broche X Z, se trouve dans une situation verticale, & sert pour observer les hauteurs apparentes des objets sur l'horison; mais lorsqu'on veut le mettre dans une situation horisontale, on se sert d'un autre genou tel qu'il est representé dans la figure 8, qui a une broche semblable à celle de la figure 6; ayant fait entrer cette broche dans les viroles Q R de la figure 6, ensorte que les viroles C D de la figure 8 soient dans une situation verticale, on fait entrer dans ces dernieres la broche X Z de l'instrument, lequel on met par ce moyen dans une situation horisontale. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

On pourroit se passer de ces dernieres broches ou genoux pour mettre l'instrument horisontalement, en faisant seulement entrer la broche X Z, dans le canon I du pied de fer, & l'instrument seroit posé horisontalement.

Remarque sur la verification des lunetes de cet instrument.

Lorsque l'angle de position, que l'on veut observer entre deux objets, n'excede pas 50 degrez, on se sert de la lunete RS, & de la lunete VT, dont on a reglé le cheveu posé sur le chassis de la maniere qui a été expliquée ci-devant, & l'on compte les degrez marquez immediatement au-dessous de la division depuis O jusqu'à 50; mais lorsque cet angle excede 50 degrez, alors on dirige la lunete GI, à un des objets, & la lunete mobile VT à l'autre objet, & l'on marque les degrez qui sont au-dessus des premiers, & qui commençant par 90, vont en diminuant jusqu'à 40: car alors l'angle observé entre les deux lunetes GITV, est mesuré par l'angle VMF complement de l'angle MVR, qui est marqué sur le limbe depuis le commencement de la division, jusqu'à l'endroit où est placé le cheveu de l'alidade.

Les observations que l'on fait avec la lunete GI, supposent que son axe soit exactement perpendiculaire à l'axe de la lunete RS, c'est ce qu'on verifie en cette maniere. On observe avec les deux lunetes RS, TV, bien reglées, un angle entre deux objets éloignez qui soit entre 40 & 50 degrez; on observe ensuite l'angle entre les deux objets avec les deux lunetes GI TV, si l'angle observé par les deux lunetes RS, TV, est égal à celui trouvé par les lunetes GI, TV, c'est une preuve que la lunete GI est bien reglée. S'il y a quelque difference, on en tient compte dans les observations faites par les deux lunetes GI, TV.

On peut aussi pour la verification des lunetes de cet instrument, observer, lorsque l'horison est libre, les angles qui sont entre les objets disposez tout à l'entour, si la somme de ces angles est égale à 360 degrez, il n'y a aucune correction à faire à ces angles; mais s'il s'y trouve quelque difference, il la faut partager par le nombre des angles observez tout au tour de l'horison, pour en tenir compte dans ceux que l'on observera dans la suite.

Description de la machine parallactique, tirée des memoires de l'Academie des Sciences au sujet d'une éclipse de Venus par la Lune, le 31. Decembre 1720. par M. Cassini.

XX. Planche.

Cette machine est très commode dans la pratique, & fort utile dans l'astronomie. Je vais en donner une description en abregé sur celle que Mr Cassini a bien voulu me communiquer, à laquelle il y a fait faire quelques augmentations pour pouvoir à toutes les heures du jour, appercevoir les planetes & les principales étoiles fixes, & faire les mêmes observations qu'on pratique pendant la nuit.

Fig. 10.

ABEF est un piédestal ou support formé de plusieurs pieces de bois, dont les deux BI, AI, sont assemblées à équerre dans la traverse EF, & les quatre autres leur servent d'arc-boutans. AB est un axe de bois cylindrique posé sur ce piédestal, de maniere que son inclinaison ABI, à l'égard de l'horison soit égale à la hauteur du pole du lieu où on observe, cet axe est engagé à son extremité inferieure B, dans une piece de bois quarrée GLHM, qui lui est perpendiculaire, au-dedans de laquelle il peut

tourner

tourner librement. La partie A ſuperieure eſt auſſi embraſſée par deux pieces de bois N Q concave endedans, qu'on peut ſerrer l'une contre l'autre par le moyen d'une vis & d'un écrou, afin que l'axe puiſſe tourner librement ſans avoir trop de jeu.

Ces deux pieces ſont priſes dans la piece perpendiculaire A I, & le bout de l'axe qui eſt élargi eſt engagé dans un parallelogramme, dont deux côtez ſont joints enſemble, par deux pieces de bois C D, P V, de figure ſemblable, de 5 à 6 pieds de longueur & retenu par les bouts & par des traverſes concaves par les bouts & par le milieu, de trois pouces de largeur. Pour former un canal pour y pouvoir poſer une lunete, ces pieces C D, P V, s'élargiſſent vers le milieu dans leur partie inferieure en forme d'un demi-cercle S O R, d'environ huit pouces de rayon, elles ont dans le reſte de leur longueur environ quatre pouces de largeur ſur un pouce d'épaiſſeur. On arrête ces pieces de bois à l'axe de la machine, par le moyen d'une vis T, & d'un écrou derriere qui paſſe par le milieu de l'axe & par le centre de chaque demi-cercle, enſorte qu'elles puiſſent tourner aiſément ſur les côtez paralleles de l'extremité ſuperieure de l'axe A B, & s'incliner diverſement.

On dirige l'axe A B de cette machine ſur le meridien par le moyen de ſon pied, dont une des traverſes B I eſt dans le plan vertical qui paſſe par le milieu de l'axe, & l'autre traverſe E F, lui eſt perpendiculaire; & on place ſur les pieces C D, P V, qui ſervent de ſuport, une lunete de 8 à 10 pieds de longueur, plus ou moins, ſuivant les obſervations qu'on a deſſein de faire. Cette machine en cet état a deux mouvemens, l'un de l'axe autour de ſon centre qui ſe fait de l'orient vers l'occident, & l'autre du ſupport de la lunete le long des côtez applatis de l'axe qui ſe fait du midi vers le ſeptentrion.

Pour diriger la lunete de cet inſtrument pendant le jour à une étoile qu'on veut appercevoir, on a diviſé un des demi-cerc es en degrez marqué O, au milieu, & continuant les diviſions de côté & d'autre juſqu'à 90 degrez; mais on n'en a beſoin du côté du midi pour ce pays que juſqu'à 41 degrez, & du côté du ſeptentrion que juſqu'à 49 degrez. On a placé un index ſur la partie applatie de l'axe, dont la direction eſt perpendiculaire à cet axe, & dont la pointe en O répond aux degrez de la diviſion. On a auſſi diviſé ſur la planche G L H M, qui eſt perpendiculaire à l'axe, un cercle qui a pour centre le point milieu de cet axe. On diviſe ce cercle en degrez, marqué O dans la partie ſuperieure, & continuant les diviſions de part & d'autre. On attache fixement à l'extremité B de cet axe une éguille ou index B O, qui lui eſt perpendiculaire, & qui eſt dirigée de ſorte que l'axe de la machine & la lunete étant dans le plan du meridien, l'extremité de l'index reponde au commencement de la diviſion. Il eſt évident que les deux éguilles étant chacune au commencement de la diviſion de leur cercle, le centre de la lunete doit être dirigé à l'interſection du plan de l'équateur avec le meridien.

Pour trouver preſentement à telle heure du jour que l'on voudra la ſituation d'une étoile dont l'aſcenſion droite & la declinaiſon ſont connues, on élevera ou l'on abaiſſera le ſupport C P V D, juſqu'à ce que l'éguille marque ſur le demi-cercle diviſé le degré de declinaiſon de cette étoile, qui doit être de O vers R, lorſqu'elle eſt meridionale, & de O

Cc

vers S lorſqu'elle eſt ſeptentrionale. On cherchera enſuite par le moyen de l'aſcenſion droite de cette étoile, ſon paſſage par le meridien, dont la difference à l'heure donnée étant convertie en degrez, donne la difference d'aſcenſion droite orientale ou occidentale, que l'on marquera en faiſant tourner l'axe juſqu'à ce que l'éguille BO, ſe rencontre ſur le degré de difference d'aſcenſion droite, qui doit être de O vers G; lorſque l'étoile n'eſt pas encore arrivée au meridien, & de O vers L, lorſqu'elle a paſſé le meridien : dans cet état le centre de la lunete ſera dirigé pour l'heure donnée à l'étoile cherchée que l'on appercevra en plein jour.

Longueur & groſſeur des pieces de bois dont cet inſtrument eſt compoſé.

L'Arbre IA 5 pieds de hauteur, la traverſe EF 4 pieds & demi de longueur, la piece IM 5 pieds, les quatre pieces qui ſervent d'arcboutans ont 2 pieds & demi de longueur : toutes ces pieces ont 5 pouces en quarré, l'axe a ſix pieds de longueur en cylindre, & deux pouces de diametre.

Pour faire connoître la juſteſſe & l'utilité de cet inſtrument, nous alons rapporter le diſcours que M^r Caſſini a fait au ſujet de l'éclipſe de venus par la lune.

Ayant dirigé le 31 Decembre 1720 à trois heures après midi, la lunete à venus, dont le paſſage par le meridien & la déclinaiſon ſont marquées dans la connoiſſance des tems, nous l'apperçûmes vers le bord obſcur de la lune, nonobſtant que le ciel fût couvert de nuages dans ſa plus grande partie, nous continuâmes d'obſerver ces deux planetes par la lunete de la machine parallactique, en lui donnant ſon mouvement d'orient en occident. A 3 heures 18′ 57″ nous obſervâmes ſon immerſion dans la partie obſcure de la lune qui arriva dans un inſtant. Nous fumes auſſi attentifs à obſerver ſon immerſion qui parut à 3 heures 33′ 52″ du côté de la partie éclairée de la lune. On apperçut d'abord ſur le bord de la lune, à diſtance égale de ſes deux cornes, un point brillant qui augmenta dans l'eſpace de quelques ſecondes, enſorte qu'on la voyoit à la vue ſimple ſur le bord éclairé de la lune ; ce qui faiſoit un ſpectacle fort agréable à la vue. On remarqua auſſi avec beaucoup d'attention, ſi du côté que venus regardoit le bord de la lune, il y avoit des couleurs differentes de celles qui paroiſſoient du côté oppoſé qui puſſent être cauſées par quelque atmoſphere; mais on n'en remarqua point d'autres que celles qui ſont produites par la differente ſituation de venus dans la lunete, ſuivant qu'elle eſt plus proche ou plus éloignée du centre, ce que l'on examina pluſieurs fois. On continua enſuite de voir venus l'eſpace d'un quart d'heure, pendant lequel venus s'éloigna un peu de la lune, après quoi ces deux planetes furent cachées le reſte du ſoir par des nuages qui ſurvinrent.

Deſcription d'un pied pour porter de grandes lunetes ou teleſcopes

XX. Planche. Fig. 11.

CE pied eſt compoſé d'un arbre de 10 à 12 pieds de hauteur, & de 6 à 8 pouces de diametre, il eſt pointu par le bout d'en bas pour être enfoncé en terre. Il y a deux arboutans de bois de la figure d'un arc, qui ſe croiſent & ſont appuyez ſur terre, par leur empattement qui eſt large,

les autres bouts ſont attachez avec des clous à un cercle de fer qui entoure l'arbre à un pied & demi de hauteur: cet arbre eſt encore ſoutenu dans une ſituation perpendiculaire par quatre barres de fer qui ſont attachées à un autre cercle, qui entoure l'arbre à 3 pieds de hauteur, & les autres bouts de ces barres ſont attachez avec des clous rivez aux arcboutans.

Au haut de l'arbre, eſt une poulie au moins d'un pied & demi de diametre, cette poulie eſt ſoutenue de chaque côté par une piece de fer aſſez forte: ces deux pieces de fer ſont percées vers le haut, qui eſt en cercle, d'un trou ſemblable au trou qui eſt au centre de la poulie, & on y paſſe un boulon de fer: les bouts d'en bas de ces pieces de fer ſont auſſi percez & ſont joints à une piece de bois forte & épaiſſe pour ſervir comme de piédeſtal; on perce deux trous à cette piece vis-à-vis ceux qui ſont percez au bas des deux pieces de fer, & on y paſſe deux boulons de fer, enſorte que la poulie eſt bien ſoutenue & tourne librement. Il y a auſſi un gros boulon de fer qui eſt arrêté fixement au milieu de la piece de bois qui ſert de piédeſtal, & qui entre aſſez avant dans le corps de l'arbre, enſorte que la poulie tourne par ce moyen en tous ſens.

On paſſe dans le creux de la poulie une corde qui ſupporte par un bout un plomb proportioné au poids du canal de bois dans lequel on poſe la lunete. On voit par la figure, qu'à l'autre bout de la corde on y paſſe un anneau de fer, aſſez large & aſſez fort pour ſupporter le poids du canal & de la lunete. Il y a une vis au milieu du cercle de fer, pour arrêter le canal à l'endroit où l'on veut, & l'on peut faire hauſſer ou baiſſer la lunete, à la hauteur convenable, par le moyen des bouts de cordes, qui ſont attachez l'un au-deſſous du plomb, & l'autre au-deſſous de l'anneau. L'on pourra aiſément ſe ſervir ſur ce pied d'une lunete de plus de vingt pieds.

Le principal uſage de ces grandes lunetes eſt pour obſerver les aſtres, & particulierement les éclipſes du ſoleil. L'on met dans le tuyau au foyer du verre objectif, & de l'oculaire, un papier ſur lequel on a tracé ſix cercles concentriques, & on conduit la lunete vis-à-vis le ſoleil; alors l'image de l'éclipſe ſe repreſente ſur le papier blanc, & on connoît les doigts éclipſez par le moyen des cercles qui ſont tracez deſſus.

Comme cet inſtrument eſt pour ſervir à l'air, & qu'il eſt ſujet à être expoſé à la pluie, il ſera bon d'y faire paſſer pluſieurs couches de couleur à l'huile.

Diverſes méthodes de decrire la ligne meridienne, & placer un gnomon, pour trouver l'inſtant où le centre du ſoleil paſſe au meridien, & pour regler une pendule au ſoleil, tirées des Mémoires de Meſſieurs de la Hire, Caſſini, & de Liſle le cadet, de l'Academie Royale des Sciences.

POur regler les pendules au ſoleil, on ſe ſert à l'Obſervatoire de Paris, d'un quart de cercle arrêté au centre du meridien. Au centre de cet inſtrument eſt attaché une regle qui porte une lunete, dans laquelle eſt un fil parallele au plan du quart de cercle; ce qui fait que la regle gliſſant ſur le limbe du quart de cercle, le fil dont on vient de parler, decrit dans le ciel le plan du meridien, ce que l'on reconnoît en obſervant le paſſage des aſtres par les differens points du quart de cercle, en même

tems que l'on a déterminé par les hauteurs correſpondantes à quelle heure de la pendule ces aſtres doivent paſſer au meridien. Au defaut de cet inſtrument, que tout le monde ne peut pas avoir, non plus qu'un lieu propre pour s'en ſervir; l'on regle les pendules au ſoleil par le moyen des hauteurs coreſpondantes ou égales du ſoleil, leſquelles étant priſes avec un quart de cercle de mediocre grandeur, donnent l'heure du paſſage du ſoleil par le meridien auſſi exactement que ſi on l'avoit obſervé avec un quart de cercle placé dans le mur, c'eſt à dire que deux ou trois heures avant midi on obſerve la hauteur du ſoleil, en marquant exactement le tems de l'obſervation, par le moyen d'une pendule à ſecondes bien reglée ; ce qu'on repete le même jour après midi, le ſoleil étant parvenu à la même hauteur : il eſt clair que ſi au tems de l'obſervation du matin on ajoute la moitié du tems écoulé entre les obſervations coreſpondantes, on aura l'inſtant où le centre du ſoleil a paſſé par le meridien. Mais comme chaque jour qu'on veut avoir cet inſtant il faut repeter ces obſervations coreſpondantes, ce qui eſt fort long, & ſur tout hors le tems des ſolſtices, où la declinaiſon du ſoleil changeant ſenſiblement du matin au ſoir, il eſt beſoin pour corriger cette difference, d'une operation un peu difficile; outre qu'il eſt aſſez rare que le ciel ſoit découvert le matin & l'après midi, & plus rare du moins que de le trouver decouvert ſeulement à midi. C'eſt pour cela que ceux qui veulent mettre leurs pendules au ſoleil le plus ſouvent qu'il leur eſt poſſible, tracent des meridiennes & élevent des gnomons, leſquels étant faits avec ſoin, peuvent donner aſſez de preciſion pour les obſervations aſtronomiques.

Par le nom de gnomon, on n'entend d'abord autre choſe qu'un ſtyle élevé perpendiculairement ſur un plan horiſontal, mais comme la penombre du bout du ſtyle, s'il étoit en plein air & ſans abri, empêcheroit d'avoir la determination exacte de l'ombre vraie. A ce bout de ſtile on a ſubſtitué un trou rond percé au haut de la muraille, ou à la voute d'une chambre obſcure, de maniere que l'image lumineuſe du ſoleil, paſſant par ce trou, on ait ſur le plan oppoſé, un point qui reponde au centre du trou; mais pour avoir cette image la plus ſenſible, & en même tems la plus diſtincte qu'il eſt poſſible, il faut obſerver que le trou doit être fait à une piece de cuivre ou de fer ſellée horiſontalement à l'endroit qu'on aura trouvé le plus commode; que l'endroit du plancher qui reçoit l'image ſoit blanchi & bien de niveau, que le trou ne ſoit ni trop grand ni trop petit, mais à peu près de la milliéme partie de la hauteur du gnomon, comme il a été obſervé dans le grand gnomon de Bologne, laquelle hauteur n'eſt autre que la ligne perpendiculaire tirée du centre du trou ſur le plancher, & dont le point de rencontre avec le plancher devient le pied du gnomon, par lequel doit paſſer la ligne meridienne, de la maniere que nous alons expliquer.

Au tems des ſolſtices, decrivez par une obſervation continue, la voie du centre du ſoleil ſur le plancher; enſuite tracez un cercle dont le pied du gnomon ſoit le centre, & ait pour rayon ou demi-diametre une longueur telle que le cercle rencontre la voie du centre du ſoleil aux deux points les plus éloignez entre eux: ſi vous coupez en deux parties égales l'arc compris entre ces deux points de rencontre, la ligne tirée par ce point milieu & par le pied du gnomon ſera la ligne meridienne. Cette méthode

eſt la plus ſimple, & très facile à entendre; il faut ſeulement faire quelques obſervations par rapport à la voie du ſoleil; on appelle voie du centre du ſoleil, ou cone de lumiere celle qui eſt decrite ſur le plancher, par le rayon qui part du centre du ſoleil, & qui paſſe par le milieu du trou du gnomon; mais pour avoir le point milieu de cette voie, il faut d'abord tracer une ligne autour de l'image apparente du ſoleil; & comme cette ligne eſt à peu près élliptique, du pied du gnomon comme centre, il faut decrire un arc de cercle qui ſoit renfermé dans l'image. Il eſt conſtant que la ligne droite tirée par le pied du gnomon & le milieu de cet arc, ſera le diametre de l'image. Il eſt conſtant encore, que ſi des deux extremitez de ce diametre, on retranche une portion égale au demi-diametre du trou, & qu'on diviſe enſuite le reſte, à raiſon des rayons qui tombent du centre du trou ſur les extremitez de ce reſte, le point de diviſion ſera celui de la voie du centre du ſoleil, & l'endroit où doit paſſer la ligne meridienne. La figure 12 repreſente aſſez ce qui vient d'être dit, pour mettre au fait ceux qui voudront faire cette operation.

XX. Planche. Fig. 12.

Il y auroit encore un moyen très-ſimple & très-commode d'avoir la ligne meridienne, ſi l'on étoit ſûr d'avoir un cadran ſolaire, ou une pendule bien juſte; ce ſeroit dans l'inſtant qu'il eſt midi à cette pendule ou ſur ce cadran, de tracer ſur le plancher l'image apparente du ſoleil, ou ſeulement ſa largeur par rapport au pied du gnomon. Il eſt certain que la ligne tirée du pied du gnomon, & par le point milieu de cette largeur, ſeroit la ligne meridienne, laquelle étant trouvée, il ne reſte plus qu'à la diviſer, ainſi que la hauteur du gnomon, en petites parties de quelque meſure connue, comme ſont les lignes du pied de Paris, dont on marquera le nombre, en commençant du pied du gnomon.

Ce gnomon ainſi préparé, l'uſage en eſt très-facile pour les obſervations aſtronomiques. Par exemple, pour obſerver la hauteur meridienne du ſoleil, il ne faut, lorſque le diametre de ſon image ſera dans la ligne meridienne du gnomon, que marquer exactement les extremitez de ce diametre, & chercher enſuite par la méthode que nous venons de donner, le point qui repond au centre du ſoleil; d'où comptant les parties qui ſe trouveront juſqu'au pied du gnomon, faites un triangle rectangle, dont le côté ſoit égal aux parties trouvées ſur la ligne meridienne, & l'autre à la hauteur du gnomon, vous aurez par la trigonometrie l'angle oppoſé à la hauteur du gnomon, qui ſera la hauteur apparente du centre du ſoleil ſur l'horiſon.

Il faut cependant prendre garde que la lame du trou du gnomon, quand elle eſt échauffée, brouille tellement l'air qui l'environne, que l'image du ſoleil en devient très incertaine, & d'autant plus, que la hauteur du gnomon eſt grande; mais pour remedier à cet inconvenient, il ne faut qu'avoir la precaution de tenir toujours cette lame couverte, hors le temps des obſervations.

Voilà la conſtruction & l'uſage du gnomon ordinaire, & tel que Mr de la Hire l'a donnée dans ſes tables aſtronomiques; mais M^r^ de Liſle le cadet de l'Academie des Sciences, & l'un des Aſtronomes de l'Obſervatoire Royal, dans le gnomon qu'il s'eſt fait pour ſon uſage, au lieu d'une ligne meridienne tracée ſur le plancher, ſe ſert d'un fil très-fin & très-uni, tel que ſont pluſieurs cheveux nouez les uns au bout des autres, lequel fil il place très-exactement & tout entier dans le plan du meridien, & à une hauteur

convenable pour recevoir dessous l'image du soleil sur un papier blanc, & faire ses operations. L'avantage de ce gnomon particulier, comme il l'a montré dans un mémoire qu'il a donné à l'Academie des Sciences, est de rendre l'image du soleil plus certaine & plus distincte, ce qui est en effet le point principal du gnomon.

Description d'un instrument pour prendre la hauteur du soleil, pour servir à decrire la meridienne, tirée des mémoires de Mr. Cassini de l'Academie Royale des Sciences.

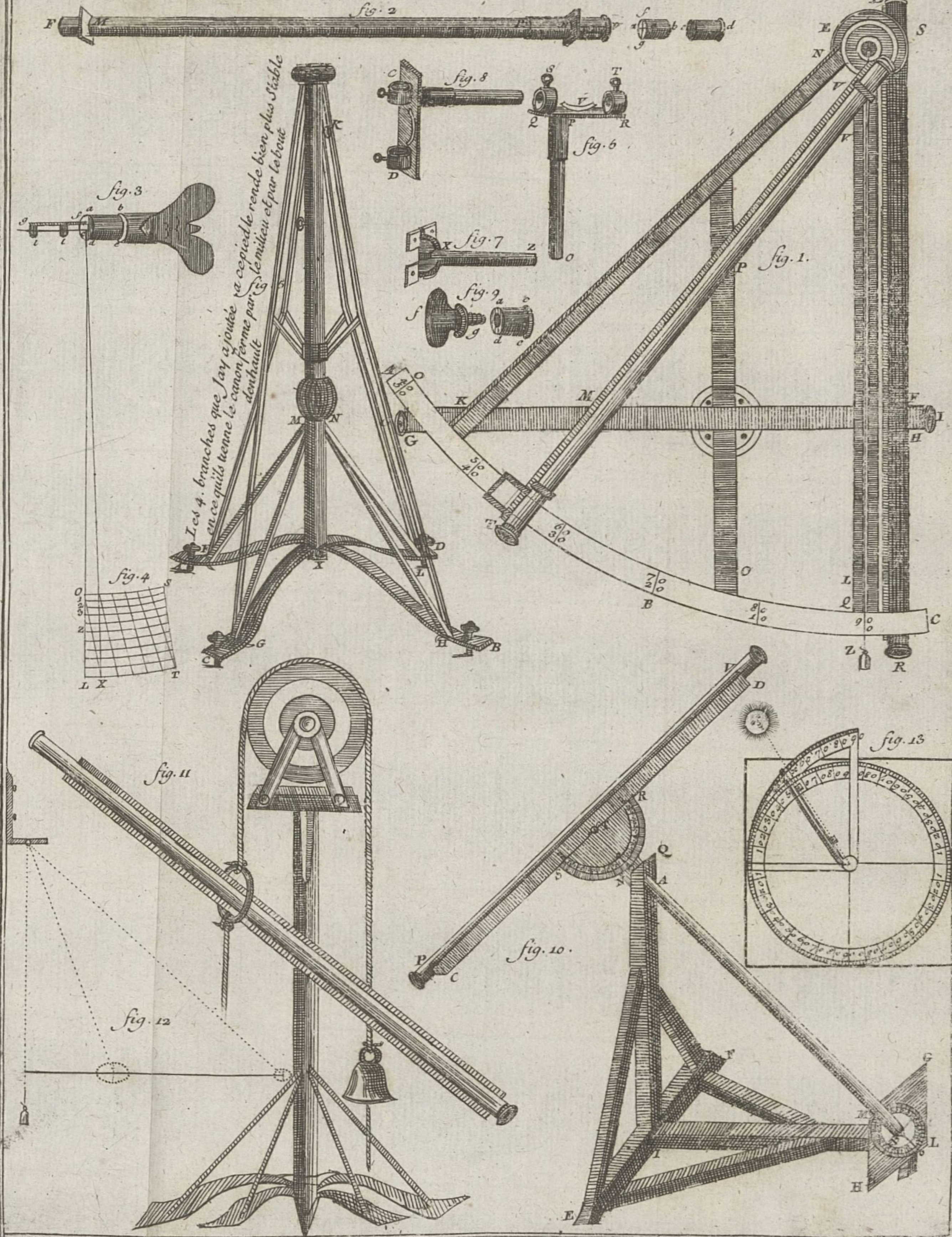
La meridienne décrite par la comparaison du lever & du coucher du soleil aux jours des solstices, est une des plus simples & des plus exactes que l'on puisse executer, lorsque la circonference de l'horison est reguliere; mais parce que dans le continent on n'a pas toujours l'horison libre, à cause des hauteurs ou des montagnes qui s'élevent sur la surface de la terre, on est obligé de se servir souvent de l'horison artificiel, qui corige l'horison sensible. On suppose que la surface de l'eau se conforme naturellement par sa fluidité à celle que la terre auroit sans ses inégalitez, & que le fil à plomb y est perpendiculaire & dirigé au point vertical du ciel. La surface de l'eau tranquile, de même que celle d'un plan auquel un fil à plomb est perpendiculaire, est donc censée être horisontale, & on s'en sert comme d'un horison artificiel, à l'égard duquel on prend les hauteurs apparentes des astres.

XX. Planche. Fig. 13.

On éleve sur un cercle horisontal un quart de cercle vertical, dont le centre est le même que celui du cercle horisontal. On divise ce cercle en 4 fois 90 degrez, & ce quart de cercle en 90 degrez, pour observer les hauteurs apparentes du soleil & des autres astres sur l'horison & leurs distances au zenith, qui est le point vertical également éloigné de tous les points de l'horison artificiel. Le quart de cercle étant élevé à plomb sur la meridienne, sert à prendre les hauteurs meridiennes du soleil & des autres astres. Dans une autre situation déclinante de la meridienne sa base marque la déclinaison de la meridienne sur la circonference de l'horison artificiel divisée en degrez de même que le quart de cercle. Il est bon de dire ici que plus cet instrument sera grand, & plus il aura de justesse, afin de le pouvoir diviser en minutes par transversales au moins de 10 ou de 5 en 5 minutes.

On peut par le moyen de cet instrument trouver la meridienne, en observant des hauteurs égales du soleil avant & après midi les jours des solstices, & marquant en même tems la situation des deux verticaux sur le cercle horisontal; car divisant l'arc de l'horison artificiel compris entre les deux verticaux en deux parties égales, le point de la division sera le point horisontal du midi exactement aux jours des solstices. A l'égard des autres jours de l'année, il faut tenir compte d'une petite équation qui varie en divers tems, suivant les regles connues des astronomes, & on aura la meridienne aussi exactement qu'aux jours des solstices, en prenant des hauteurs égales du soleil deux ou trois heures avant & après midi, lorsque les hauteurs varient sensiblement en peu de tems.

Mr Cassini, dans ses memoires, dit que pour tracer la meridienne dans les temples & dans les maisons, on se sert de la lumiere du soleil que


fig. 1
fig. 2
fig. 3
fig. 4
fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
fig. 10
fig. 11
fig. 12
fig. 13
Les 4. branches que Jay ajoutée a ce pied le rende bien plus Stable en ce quils tienne le canon ferme par le milieu et par le bout denhault

l'on fait entrer par une ouverture ronde, par laquelle passent les rayons du soleil qui se terminent au plan horisontal, & y forment l'image du soleil. La trace que cette image decrit par son mouvement represente celle que le soleil parcourt dans le ciel. En suivant pendant quelque tems aux jours des solstices la trace du bord septentrional, & celle du bord meridional du soleil, & la marquant sur le pavé horisontal une ou deux heures avant & après midi, on trouve dans cette trace deux points également éloignez du point, où la perpendiculaire, tirée du centre de l'ouverture, tombe sur le plan horisontal, l'un avant & l'autre après midi. Ayant divisé l'intervalle qui est entre ces deux points en deux parties égales, on tire par le point de division & par le point vertical une ligne droite qui est la meridienne.

C'est par cette méthode que feu Mr Cassini traça, il y a plus de 60 ans, la ligne meridienne de saint Petrone de Bologne, dont la longueur est de 21 pieds, qui a été examinée 40 ans après par d'autres methodes très-certaines, & qui a été trouvée precisement dans la même direction ; ce qui s'acorde à l'hypothese la plus communement reçue, qui est que la meridienne ne change point de situation sur la surface de la terre.

Mrs Bianchini & Maraldi ont tracé depuis quelques années par ordre du Pape, dans l'Eglise des Chartreux de Rome, une meridienne semblable pour y faire les observations des équinoxes, & s'en servir pour regler le calendrier Ecclesiastique.

CHAPITRE III.

De la construction & usages de differents micrometres.

L'Utilité du micrometre dans la pratique de l'astronomie, a fait imaginer differentes manieres de le construire, pour en rendre l'usage & plus facile & plus universel, c'est par le moyen de cet instrument, qu'on a determiné exactement les excentricitez du soleil & de la lune, en comparant leurs diametres apparents dans tout leur cours ; comme aussi pour mesurer les diametres des astres, & les moindres distances qui ne surpassent point un degré ou un degré & demi, & pour observer facilement les eclipses de soleil & de lune.

Nous commencerons par celui qui est decrit dans les tables astronomiques de Mr de la Hire, auquel j'ai fait quelque changement pour le rendre plus commode, en faisant que l'index qui marque les tours de la vis, ne soit pas au haut du colet de ladite vis, mais soit toujours au ras de la plaque ronde qui est divisée pour marquer les distances, comme nous dirons ci-après.

XXI. Planche. Fig. 1.

Cet instrument est composé de deux cadres rectangles, dont celui ABCD, a ordinairement quatre pouces & demi de long, & deux pouces & demi de large: les côtez ABCD, sont divisez en parties égales, & éloignées entre elles d'environ quatre lignes, car c'est suivant les tours de vis, comme nous dirons ci-après; mais de telle sorte que les lignes tirées par chaque division, soient perpendiculaires aux côtez ABCD. Il faut que ces lignes soient bien fines & bien profondes, afin que les fils de soie qu'on

applique à ces divisions soient comme ensevelis au fond des lignes, & bien tendus & retenus avec de la cire qu'on y attache aux endroits marquez 2.

L'autre cadre E F G H, dont la longueur E F, est de deux pouces & demi, s'ajuste de telle maniere avec le premier cadre, que les côtez E F, G H, de l'un peuvent se mouvoir juste le long des côtez A B C D, de l'autre, ce qui se fait en les assemblant en queue daronde ou biseau & à coulisse; la face de ce second cadre, qui regarde la face divisée du premier est aussi garnie d'un fil de soie fort delié, tendu à l'endroit marqué 4, lequel dans le mouvement du cadre demeure toujours parallele aux fils du premier cadre, en les approchant de fort près au-dessus l'un de l'autre, sans pourtant se toucher. On place au milieu du côté B D, qui est renforcé en cet endroit, une vis marquée I, dont le cylindre qui doit avoir environ trois lignes de diametre est taraudé d'un pas fin; cette vis n'est pas taraudée par le bout d'en haut, on y fait un colet sur le tour d'environ six lignes de hauteur, & on y reserve un cercle excedant au bas dudit colet d'environ une ligne & demie; on passe ce colet dans le trou du milieu du grand cadre qui doit être juste de la grosseur du colet, au ras de l'épaisseur du cadre on lime le colet carrement pour y mettre l'index M, & un écrou à oreilles marqué O. Au-dessus de cet écrou à oreilles, on taraude le restant du colet d'une vis pour y mettre un petit écrou, afin de pouvoir tout demontrer, & contenir le tout bien ferme: ensuite on fait entrer le bout d'en bas de la vis dans le trou du petit cadre qui est taraudé, & qui est aussi renforcé en cet endroit; alors les choses étant en cet état en tournant l'écrou à oreilles, on fera tourner l'index sur la plaque dont nous alons parler, puis la vis I; & par ce moyen on fera descendre ou remonter le petit cadre, & par consequent le fil de soie qui y est attaché à l'endroit marqué 4.

On met aussi une plaque ronde de deux pouces de diametre, qu'on attache avec deux vis sur l'épaisseur du grand cadre aux endroits marquez N. On la divise ordinairement en 60 ou en 100 parties égales, qui servent à compter les tours de la vis, dans les usages qu'on en fait, & ce par le moyen de l'index M, qui dans cette construction tourne toujours avec la vis au ras de la plaque ronde. La division des côtez du cadre A B C D, se fait suivant la grosseur du pas de ladite vis; car par exemple, si on veut que les divisions soient éloignées l'une de l'autre de 10 tours de vis, on fait faire 10 tours à ladite vis, & on remarque combien le petit cadre a fait de chemin; si c'est quatre lignes, on fait les divisions distantes l'une de l'autre de quatre lignes, & on place les filets bien juste dessus.

On met aussi assez souvent un micrometre à la lunete fixe des quarts de cercles qu'on ajuste au foyer de l'objectif & de l'oculaire, alors les filets qu'on place ordinairement à ladite lunete, sont placez en diagonale, afin de ne pas faire de confusion avec ceux du micrometre qui sont paralleles; on n'en met que deux, l'un sur le petit cadre, & l'autre sur le grand; & comme on a de la peine de voir les tours de vis qu'on a fait sur la plaque ronde lorsque la lunete est haute, on fait une division au milieu du côté du micrometre qui est de 50 parties égales d'un côté, & 50 parties de l'autre, c'est-à-dire 50 parties en montant, & 50 parties en descendant; il y a un petit index qui coule au long d'une ouverture, & il hausse & baisse suivant les tours qu'on fait faire à la vis, & ce par le moyen d'une roue dentée qu'on peut faire autour du cercle excedant qui est au bas du colet de

de la vis, & y ajuster un pignon qui engrene dans ladite roue, à l'axe duquel pignon, il y ait une vis sans fin dans laquelle sera engagé l'index qui coule au long de la division, & ladite vis sans fin le fera descendre ou monter suivant les tours qu'on fera faire à la vis I.

Pour obvier aux changemens qui arrivent facilement aux fils de soie par la chaleur ou autrement, M[r] de la Hire propose une chose fort commode ; c'est de placer au lieu de soie une plaque de verre blanc, ou un morceau de glace mince, bien uni, qu'on ajuste dans une rénure faite au long du cadre. On trace sur ce verre des traits paralleles & très-déliez qui font le même effet que la soie. Toute la difficulté consiste à tracer ces lignes bien délicatement, & de choisir une glace bien nette & bien polie, car les défauts se grossissent extrêmement quand on les voit dans les lunetes. On se sert d'un petit diamant, dont la pointe soit fort fine, pour tracer très-legerement sur le verre ces lignes. La figure 1 de la planche 21, fait assez connoître la construction de ce micrometre, qui est fort commode pour tous les usages que nous allons expliquer.

Toute la machine se joint aux grandes lunetes à observer, par le moyen des pieces marquées L, qui débordent le cadre & qui entrent à coulisse dans une espece de boëte de fer blanc parallelogramme, aux deux côtez de laquelle il y a deux ouvertures circulaires où sont soudez deux bouts de tuyau, l'un pour recevoir d'un côté le tuyau qui porte le verre oculaire, & l'autre pour recevoir le tuyau qui porte le verre objectif, de maniere que le micrometre doit être placé juste au foyer de ce verre.

Usage du Micrometre.

IL se fait au foyer de la lentille ou du verre objectif une vive representation des objets au point où sont posez les fils du micrometre ; c'est pourquoi si on ajoute au-devant du micrometre la lentille oculaire qui en soit éloignée de l'étendue de son foyer plus ou moins, selon la nature & constitution des yeux de l'observateur, les objets & les fils de soie y paroîtront distinctement.

Si donc on mesure en lignes ou 12[mes] de pouce la longueur du foyer de la lentille objective, ou ce qui est la même chose, la distance depuis le milieu de l'épaisseur de ladite lentille jusqu'aux fils de soie du micrometre, cette longueur sera à la distance de 4 lignes, qui font l'intervale des fils, comme le rayon ou sinus total à la tangente de l'angle compris entre les fils paralleles, ce qui est évident par la dioptrique. Car nous supposons que la distance entre l'objet & l'œil de l'observateur est si grande, que la longueur du foyer de la lentille n'est d'aucune consequence à l'égard de cette distance; de sorte que les rayons qui partent des points de l'objet passent directement par le centre de la lentille jusqu'aux fils, ni plus ni moins que si l'œil de l'observateur étoit placé dans la lentille même objective. L'experience pourra nous confirmer cette invention, & nous servir à trouver la même chose.

Car si sur une petite table blanche & bien unie on tire deux lignes droites noires & paralleles entre elles, dont l'intervale soit tel que d'environ 2 ou 300 toises, elles soient contenues entre deux fils paralleles du micrometre; dans un lieu commode & pendant un tems ferein, sans agitation sensible

de l'air, éloignez la table de la lunete du micrometre, jusqu'à ce que les lignes de ladite table, qui doit être perpendiculaire à la ligne droite tirée de ladite table au micrometre, soient cachées par les fils paralleles dudit micrometre; pour lors la distance entre la table & le verre objectif du micrometre sera en même raison à l'intervale des lignes de la table, comme le sinus total à la tangente de l'angle compris entre deux fils paralleles du micrometre.

Faites ensuite mouvoir le cadre E F G H par le moyen de la vis, jusqu'à ce que son fil de soie convienne exactement à un des fils paralleles de l'autre cadre, & remarquez la situation de l'index de la vis; faites-là tourner jusqu'à ce que le même fil du cadre E F G H convienne avec le fil prochain de l'autre cadre, ou ce qui est la même chose, faites mouvoir le cadre E F G H par l'espace de quatre lignes ou d'un tiers de pouce, ce qui se connoîtra facilement par le moyen de la lentille ou verre oculaire de la lunete, laquelle multiplie les objets, & comptez les tours de la vis & les parties d'une révolution qui conviennent à l'intervale des fils. Construisez enfin une table des révolutions de la vis & de ses parties qui conviennent à chaque minute & à chaque seconde, ayant, comme nous venons de dire, connu l'angle qui convient à l'intervale entier.

Lorsque l'on voudra observer le diametre des planetes, ayant dirigé vers une planete la lunete de longue vue & son micrometre, disposez les fils par le mouvement de la lunete, en telle sorte qu'un bord de l'astre atteigne un des fils paralleles immobiles, & tournez l'écrou ou la vis jusqu'à ce que le fil mobile joigne l'autre bord de la planete. Il est évident que l'on connoîtra le diametre de la planete par la distance connue entre les fils du micrometre qui contiennent la planete.

Nous avons dit qu'il y a un index au-dessus de la plaque ronde, lequel marque sur le bord d'un cercle divisé en 60 ou 100 parties égales les fractions d'une révolution entiere dudit écrou.

Cette méthode est commode pour mesurer les diametres apparens des planetes, si le corps de la planete se meut entre deux fils paralleles. Cependant il faut remarquer qu'à l'égard du soleil & de la lune leurs diametres paroissent fort inégaux à cause des refractions; dans les moindres élevations sur l'horison par l'espace de 30 minutes, le diametre vertical paroît un peu moindre qu'il n'est en effet aux environs de l'horison, & le diametre horisontal ne se peut reconnoître qu'avec bien de la peine, & par des observations plusieurs fois repetées, non plus que la distance entre deux astres ou entre les cornes de la lune, à cause de son mouvement diurne qui paroît fort vîte par le telescope ou lunete.

Par la même méthode on peut observer sur la terre les petites distances, & plus facilement que les corps celestes, à cause de l'immobilité de l'objet.

Si les deux astres passent par le même meridien à differentes hauteurs & en differens tems, la difference de leur hauteur donne le different éloignement où ils sont de l'équateur vers l'un ou vers l'autre pole, ce qu'on appelle leur difference de déclinaison, & l'on voit par la difference du tems où ils viennent au meridien, le different éloignement où ils sont d'un point déterminé de l'équateur qui est le premier degré d'Aries, c'est-à-dire, qu'on a leur difference en ascension droite.

Si les deux astres sont éloignez l'un de l'autre, on a dans l'intervale de leur

paſſage par le meridien & par le micrometre, aſſez de loiſir pour avoir entierement fini les operations qui regardent le premier avant que d'aller au ſecond ; mais s'ils ſont fort proches l'un de l'autre, il eſt très difficile de faire en même tems les deux obſervations, ſans compter qu'on ne peut pas toujours prendre les deux aſtres aſſez préciſément dans le meridien.

Mr de la Hire donne le moyen de remedier à cet inconvenient en ne ſe ſervant que du micrometre ordinaire. La ſeule obſervation du paſſage des aſtres entre les filets, ou ſur les filets du micrometre donnera par des conſequences faciles la difference de déclinaiſon & d'aſcenſion droite, ſans ſuppoſer même aucun meridien connu ni tracé.

Que ſi l'on veut avoir la difference de déclinaiſon & d'aſcenſion droite de deux aſtres qui ne peuvent pas être compris entre les fils du micrometre, on pourra la trouver par la méthode ſuivante.

Nous ajuſtons au micrometre un fil de ſoie, que l'on appelle tranſverſal, parce qu'il coupe à angles droits les fils paralleles ; on l'attache avec de la cire au milieu des côtez A C, B D. Ayant donc affermi la lunete & le micrometre en telle poſition que l'on juge à propos, pourvû que les aſtres que l'on veut obſerver puiſſent paſſer l'un après l'autre par les fils croiſez, comme on voit en la figure 2, les aſtres A & S, on obſervera par le moyen d'une pendule à ſecondes le tems que le premier aſtre A touchera le point où le fil tranſverſal A S croiſe quelqu'un des fils paralleles, comme A d. Le micrometre étant diſpoſé pour cette obſervation, ce qui n'eſt d'aucune difficulté, on comptera les ſecondes de tems qui s'écouleront entre l'obſervation faite au point A, & l'arrivée du même aſtre au point B, à la rencontre d'un autre fil parallele B D. Nous obſerverons de même le tems que l'autre aſtre S rencontrera le fil tranſverſal au point S, & enſuite au point D du fil parallele B D.

Fig. 2.

Ce ſera la même choſe ſi l'aſtre S rencontre premierement le fil parallele en D, & enſuite le fil tranſverſal en S.

Comme le nombre des ſecondes de tems du mouvement de l'aſtre A par l'eſpace A B eſt au nombre des ſecondes du mouvement de l'aſtre S par l'eſpace S D, ainſi la diſtance A C, laquelle eſt connue en minutes & ſecondes de degré dans le micrometre, eſt à la diſtance C S en même eſpece de minutes & ſecondes.

Mais il faut convertir les ſecondes horaires du mouvement par l'eſpace A B, en minutes & ſecondes de grand cercle, tels que ſont ceux de la diſtance C A au micrometre, ce qui ſe fait par la regle ordinaire de proportion.

Ayant premierement converti les ſecondes du tems dudit mouvement d'A en B, que nous regardons ici comme une ligne droite, ou comme un arc de grand cercle, en minutes & ſecondes de cercle, en prenant 15 minutes de cercle pour chaque minute d'heure, & de même des ſecondes, enſuite on fera par une regle de proportion, comme le rayon ou ſinus total, au ſinus de complément de la déclinaiſon de l'aſtre connue ; ainſi le nombre des ſecondes de l'arc A B auſſi connu, au nombre des ſecondes de la même eſpece contenus en C A, comme arc de grand cercle.

De plus au triangle rectangle & rectiligne C A B, les côtez C A, A B étant donnez avec l'angle droit en C, nous trouverons l'angle C A B, & ſuppoſant la perpendiculaire C P R du point C ſur A B, A B ſera à C A, comme C A eſt à A P.

Mais au triangle rectangle C A P, outre l'angle droit nous avons l'angle A avec le côté C A, c'est pourquoi comme le rayon ou sinus total est à C A, ainsi le sinus de l'angle C A P est à C P, & comme le nombre des secondes horaires du mouvement d'A en B est au nombre des secondes horaires du mouvement d'S en D, ainsi C P est à C R; donc en ôtant C R de C P, ou bien les ajoutant ensemble, si A B & S D sont de l'un & l'autre côté du point C, nous aurons la valeur de P R en parties de grand cercle, qui sera la difference de déclinaison de l'un & de l'autre astre observé. Nous n'avons aucun égard à la difference du mouvement par les espaces A B & S D causée par la difference de déclinaison, parce qu'elle n'est d'aucune consequence dans les differences de déclinaison, telles qu'on peut les observer par le micrometre.

Enfin, comme AB est à AP, ainsi le nombre des secondes horaires du mouvement de l'astre A observé par l'espace A B, au nombre des secondes du mouvement du même astre par l'espace A P, on connoîtra donc le tems que l'astre A parvient en P. Mais comme le nombre des secondes horaires par l'espace A B est au nombre des secondes horaires par l'espace S D; ainsi le nombre des secondes horaires par l'espace A P, au nombre des secondes horaires par S R. On connoit de plus le tems que l'astre S est parvenu en S, à quoi l'on ajoute le tems par S R, si les rencontres A & S sont du même côté du point C, sinon il faut soustraire le tems par S R du tems de l'observation en S, pour avoir le tems que l'astre S est parvenu en R. Or la difference de l'arrivée des astres en P & R, c'est-à-dire, à un même cercle meridien, sera leur difference d'ascension droite, laquelle se pourra réduire en degrez & minutes par les regles de proportion. Il faut remarquer que nous n'avons ici aucun égard au mouvement propre des astres, pour la difference du tems entre leur rencontre sur le meridien C P.

De cette méthode il est facile de reconnoître comment, au lieu du fil parallele C B D, on peut se servir d'un autre parallele qui passe par A, ou de tout autre, comme aussi du parallele mobile, pourvû qu'il s'y forme des triangles semblables, ce qui s'entend par ce que nous avons dit ci-devant.

Nous pouvons encore faire le même par une autre méthode. Car ayant disposé les fils paralleles de maniere que le mouvement du premier astre se fasse sur un desdits fils ; que l'on marque le tems auquel le même astre rencontre le fil transversal ; que l'on observe de même le tems que l'autre astre arrive au même fil transversal ; si cependant on ajuste le fil parallele mobile au second astre sans changer aucunement le micrometre, on trouvera par le moyen de la distance des fils paralleles dudit micrometre, la distance entre les paralleles de l'équateur qui passent par les lieux desdits astres, qui est la difference de leur déclinaison. Que si de plus, la difference du tems entre le passage de l'un & de l'autre astre par le fil transversal, est convertie en minutes & secondes de degrez, on aura leur difference ascensionelle ; ce qui n'a pas besoin d'exemple.

Mais si l'on cherche la même chose entre quelque astre & la lune ou le soleil, comme par exemple, mercure passant sous le disque du soleil ; ayant premierement placé le micrometre de telle sorte que le bord du soleil parcoure un des fils paralleles, on observera le tems que les bords du soleil & le centre de mercure toucheront le fil transversal, & par ce

tems on connoîtra la difference de déclinaiſon entre mercure & le bord du ſoleil par le moyen du fil parallele mobile, le micrometre demeurant immobile.

Que ſi au tems de l'obſervation du premier bord du ſoleil on ajoute la moitié du tems écoulé entre les paſſages de l'un & l'autre bord, on aura le tems du paſſage du centre du ſoleil par le même fil tranſverſal: & par ce moyen on aura la difference du tems entre le paſſage du centre du ſoleil & de mercure par le fil tranſverſal, c'eſt-à-dire, par le cercle meridien. Cette difference de tems étant convertie en degrez & minutes donnera la difference de leur aſcenſion droite.

De plus, comme le centre du ſoleil eſt dans l'écliptique, ſi dans le même tems que ledit centre paſſera par le fil tranſverſal, connoiſſant d'ailleurs le vrai lieu du ſoleil, vous cherchez dans la table faite exprès, l'angle de l'écliptique avec le cercle meridien, vous aurez auſſi l'angle que fait l'écliptique avec le parallele du ſoleil, comme dans la figure ci-jointe, l'angle O C R, de l'écliptique O C B, & du parallele de l'équateur R C. P C eſt le meridien, & mercure en M, le centre du ſoleil étant en C, ſoit M R parallele à P C, & C R la difference d'aſcenſion droite entre le centre du ſoleil C & mercure en M. Mais les minutes de difference d'aſcenſion droite C R dans le parallele, étant réduites en minutes de grand cercle; ſi on fait une regle de proportion, en diſant, comme le rayon ou ſinus total au ſinus de complément de la déclinaiſon du ſoleil ou de mercure, ainſi le nombre des ſecondes de la difference d'aſcenſion droite, au nombre des ſecondes C R, comme portion de grand cercle. Pour lors au triangle C R T, rectangle en R, nous avons le côté C R que l'on vient de trouver avec l'angle R C T; ſavoir, la difference entre l'angle droit & l'angle de l'écliptique avec le meridien; c'eſt pourquoi on trouvera l'hypotenuſe C T, & le côté R T. Mais ſi on ôte R T de M R, qui eſt la difference de déclinaiſon de mercure en M & du centre du ſoleil C, reſtera T M. On dira enſuite par la regle de proportion, comme C T eſt à T R, ainſi T M eſt à T O. Et comme C T eſt à C R, ainſi T M à M O, M O ſera la latitude de mercure au tems de l'obſervation. Mais ajoutant T O au côté C T, on aura C O pour difference de longitude entre mercure & le centre du ſoleil. C'eſt pourquoi connoiſſant la longitude du ſoleil, on trouvera celle de mercure.

Fig. 31

De plus, ſi deux ou trois heures après la premiere obſervation de mercure en M, on obſerve encore une fois la difference de déclinaiſon & d'aſcenſion droite de mercure avancé en N, nous trouverons comme ci-devant la latitude de Mercure N Q & C Q, difference de longitude du centre du ſoleil C; c'eſt pourquoi nous trouverons le lieu du nœud apparent de mercure. Mais il faut remarquer que le point de rencontre A dans la droite M N, avec l'écliptique C B, n'eſt point le lieu dudit nœud, eu égard au point C, parce qu'entre les obſervations faites aux points M & N, le ſoleil par ſon mouvement propre s'eſt avancé de quelques minutes, ſelon l'ordre des ſignes, à quoi cependant on n'a pas d'égard dans les obſervations. C'eſt pourquoi on dira par la regle de proportion, comme la difference des latitudes M O, N Q à O Q, moins le mouvement propre du ſoleil, entre les obſervations faites en M & N; ainſi M O à la diſtance O A, d'où l'on trouvera la vraie diſtance C A du centre du ſoleil C au nœud de mercure A,

Nous ôtons de O Q le mouvement propre du soleil entre les observations, parce que pendant ce tems-là mercure est retrograde. Mais si son mouvement étoit direct, il faudroit ajouter le mouvement du soleil à la droite O Q.

Dans les observations de mercure en son passage entre les bords du soleil, nous n'avons eu aucun égard au mouvement propre du soleil, comme étant de petite consequence; mais si nous voulons y avoir égard, il faudra diminuer C O & C Q de la quantité du mouvement propre du soleil à raison du tems écoulé entre le passage du centre du soleil & de mercure par le cercle meridien.

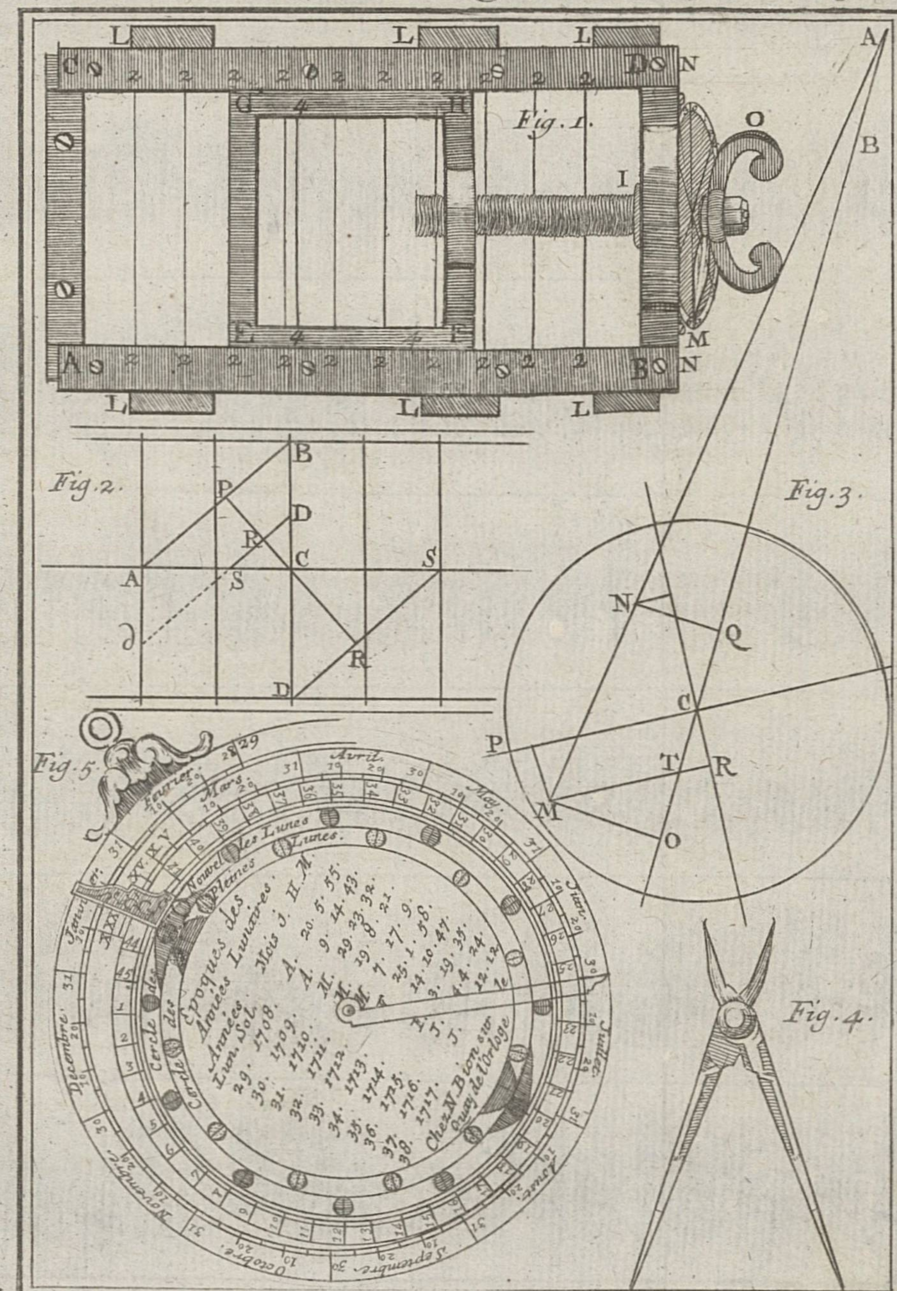
Par la même méthode on observera les distances des planetes entre elles, ou avec les étoiles fixes aux environs de l'écliptique, excepté neanmoins quelques minutes, non seulement à cause du mouvement propre des planetes, soit vers les mêmes parties, soit vers les parties opposées, comme nous avons dit du soleil & de mercure; mais aussi à cause de leur éloignement de l'écliptique ou de leur trop grande latitude, dont il nous suffit d'avoir ici averti.

Il est à remarquer que cette seconde méthode pour trouver la difference de déclinaison & d'ascension droite, n'est pas plus exacte que la premiere, quoiqu'elle se fasse avec moins de calcul; car il est assez difficile de disposer les fils du micrometre selon le parallele du mouvement diurne, ne le pouvant faire que par plusieurs épreuves incertaines.

Mr de la Hire a inventé encore un autre micrometre, dont la construction est facile, car ce n'est autre chose qu'un double compas, comme il est ici representé, dont les jambes d'une part, sont par exemple, dix fois plus grandes que les autres. Il doit être fait de telle maniere que les plus courtes jambes se puissent introduire par une fente dans le tuyau de la lunete & se placer à l'endroit du foyer de la lentille objective, en sorte que les pointes très-fines desdites plus courtes jambes se puissent appliquer à tous les objets dépeints au foyer. Car de la même ouverture du compas les pointes des plus longues jambes s'appliqueront sur une échelle divisée en parties, qui marqueront les minutes & secondes telles qu'elles conviennent au foyer de la lentille objective; la division de cette échelle se pourra faire par la même méthode, dont nous nous sommes servi à connoître les distances des fils paralleles de l'autre micrometre, en disant par la regle de 3, comme le nombre des lignes contenues en la longueur du foyer de la lentille objective de la lunete, à une ligne, ainsi le rayon ou sinus total, à la tangente de l'angle mesuré au foyer sous une ligne. C'est pourquoi si les plus longues jambes contiennent les autres dix fois, dix lignes de l'échelle mesureront le même angle, ce qui étant connu, il sera facile de diviser l'échelle en minutes & secondes. L'on pourra se servir de ce micrometre pour observer les diametres des planetes, comme aussi les moindres distances des astres & des lieux de la terre.

Fig. 4.

La construction de ce micrometre est la même que celle que nous avons donné pour les compas de réduction.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.

Description & usage d'un autre micrometre ou reticule universel, pour observer toutes les éclipses de soleil & de lune.

MOnsieur l'Abbé le Camus, m'a communiqué la construction d'un micrometre ou reticule, pour avoir immediatement & sans aucune reduction, les doits & les demi-doits d'une éclipse. Cette construction est des plus ingenieuses.

Cet instrument est un parallelograme de cuivre A B C D, mobile sur ses quatre angles A, B, C, D, & sur deux pivots E F, placez au milieu des côtez opposez A B D C, & en ligne droite avec les centres A B & D C, les deux regles opposées A D, B C, doivent être échancrées en sorte que leurs côtez interieurs M N, P Q, soient en ligne droite, avec les centres A D & B C, & être en biseau, ou talu vers l'exterieure du parallelograme.

Le parallelograme étant ainsi construit. Il faut prendre sur le milieu de chacune des deux regles A D, B C, un intervalle qui puisse comprendre le plus grand diametre de la lune, & diviser cet intervalle en 24 parties égales par de petites lignes les plus fines & les plus profondes qu'il sera possible. Cet intervalle doit être environ de 15 lignes & demie pour une lunete d'environ 10 pieds.

Il faut ensuite placer des filets sur les divisions, & les attacher sur les bords exterieurs qui sont en pente. Comme ces divisions sont fines & profondes & que les regles sont faites en pente, elles retiennent facilement les filets avec de la cire & les empechent de s'écarter à droit ou à gauche, quelque mouvement qu'on donne au parallelograme.

Enfin il faut attacher sur le côté D C, un demi-cercle denté mobile avec le parallelograme sur le pivot F; & le faire engrener dans un pignon pour pouvoir rendre le parallelograme plus ou moins oblique en faisant tourner avec une petite clef le pignon.

On voit par la construction de cet instrument, que les filets M P, N Q, &c. conservent leur même longueur, & seront toujours paralleles dans toutes les situations du parallelograme, parce qu'étant arrêtez sur les bord M N, P Q, des biseaux, ils seront toujours égaux à la distance A B ou D C. On voit aussi que les filets pourront se rapprocher ou s'écarter également en rendant le parallelograme plus ou moins oblique, & pourront par consequent comprendre exactement toutes sortes de diametres du soleil ou de la lune, & les diviser en doits & en demi-doits.

Le parallelograme a trois pouces entre les centres A D, & deux pouces six lignes entre les centres A B, il est enfermé dans une boëte de cinq pouces de longueur sur trois pouces de largeur & cinq lignes de hauteur. il y a une ouverture ronde aux deux côtez de la boëte, d'un pouce six lignes de diametre, qui a pour centre le milieu du parallelograme; cette ouverture est à peu près de la grandeur du foyer des verres de la lunete. Il y a aussi un petit trou rond vis-à-vis de l'arbre du pignon qui est carré, afin de pouvoir faire mouvoir le parallelograme avec une petite clef sans demonter la boëte qui est attachée par quatre vis aux quatre coins. On place ce micrometre au foyer des objectifs & de l'oculaire de la lunete comme les autres.

Il faut remarquer qu'on garnit de filets 14 divisions si l'on veut avoir les

demi-doits, ou 8 divisions si on ne veut avoir que les doits. Il est facile de voir par la figure comment il faut disposer ces filets, ladite figure se trouvera ci-après.

CHAPITRE IV.

Maniere d'observer les astres.

LEs observations des astres qui se font de jour par les lunetes de longue vue, sont faciles, parce que les fils de soie se voient distinctement; mais pendant la nuit il faut éclairer les fils avec un flambeau ou une bougie, en sorte que l'on puisse les voir avec les astres par la lunete, ce qui se fait en deux manieres.

Premierement, nous éclairons la lentille ou verre objectif de la lunete, en approchant de ladite lentille une chandelle, mais obliquement, afin que son corps ou sa fumée n'empêchent point les rayons de l'astre. Mais si la lentille objective est un peu enfoncée dans le tuyau, elle ne pourra point être éclairée à moins que la chandelle ne soit fort proche, ce qui empêche de voir l'astre; & si la lunete a plus de six pieds, il sera difficile d'éclairer suffisamment le verre objectif, en sorte que les fils paroissent bien distinctement.

Secondement, on fait une ouverture assez ample au bout du tuyau proche du cadre où sont attachez les fils, & approchant la bougie, les fils & les astres paroîtront.

Mais cette méthode est sujette à plusieurs inconveniens, car la lumiere est si proche des yeux de l'observateur, que souvent ils en sont incommodez. Et de plus, comme les fils sont découverts & exposez à l'air, ils perdent leur situation, ou ils se détendent, ou même se peuvent rompre.

Cette méthode est outre cela sujette à un inconvenient qui la doit faire rejetter absolument, c'est qu'elle est sujette à erreur, en ce que selon la position de la lumiere qui éclaire les fils, ils paroîtront en differentes situations, à cause que lorsque le filet horisontal, par exemple, sera éclairé par-dessus, on verra une ligne lumineuse, qu'on prendra pour le filet, qui sera à sa superficie superieure : & au contraire, quand le même filet sera éclairé par-dessous, la ligne lumineuse paroîtra à sa superficie inférieure, sans que le filet change de place, & l'erreur sera du diametre du filet, qui vaut souvent plus de six secondes.

Mr de la Hire a trouvé un expedient pour y remedier : comme il avoit souvent experimenté dans les observations, qu'au clair de la lune, dans un tems un peu brouillé, les fils paroissoient distinctement, & qu'à peine pouvoit-on les voir lorsque le ciel étoit serein, il lui vint en pensée de couvrir le bout du tuyau de la lunete, du côté du verre objectif, d'un morceau de gaze ou crêpe blanc très-fin, c'est-à-dire, fait de fils de soie très-déliez, comme les toiles de soie dont on se sert pour faire de tamis. Cette invention lui a réussi, car la bougie placée loin de la lunete, éclairoit assez le crêpe pour faire voir distinctement les fils, sans empêcher de voir les astres.

Les

Les observations du soleil ne se peuvent faire à moins que l'on ne mette entre la lunete & l'œil un verre bruni ou enfumé, ce qui se prépare ainsi. Prenez deux morceaux de verre égaux & bien polis; sur la surface d'un de ces verres & autour de ses bords collez une bande de carton; mettez sur la fumée d'un flambeau l'autre morceau de verre, en le remuant souvent & le retirant de tems à autre, de crainte que la trop grande chaleur ne le fasse casser, jusqu'à ce que la fumée y soit si épaisse, qu'à peine on puisse voir le flambeau; mais il ne faut pas que le noir de fumée y soit par tout d'égale épaisseur, afin que l'on puisse choisir celle qui convient à la splendeur du soleil. Et afin que ce noir ne s'efface pas, il le faut appliquer sur l'autre morceau de verre, dont la surface ne touchera point ladite fumée, à cause des bandes de carton qui sont entre les deux verres, dont enfin on joindra les bords avec une bande de papier collée.

Il faut se souvenir qu'observant la hauteur du soleil avec une lunete à deux verres, le bord supérieur paroît inférieur.

Il y a deux principales sortes d'observations des astres, l'une dans le meridien, & l'autre dans les cercles verticaux.

Si l'on connoît la position du cercle meridien en plaçant le plan du quart de cercle dans le plan du meridien par le moyen du plomb attaché au centre, on pourra trouver la hauteur meridiene de l'astre, qui est une des principales operations, & qui sert de fondement à presque toute l'astronomie.

On peut aussi avoir des observations meridienes par le moyen d'un horloge à pendule, si l'on sait le tems précis du passage de l'astre par le meridien.

Il faut remarquer que les astres sont à même hauteur pendant une minute, devant ou après leur passage par le meridien, pourvû néanmoins que l'astre ne passe point par le Zénith ou aux environs; mais à ce défaut on observera les hauteurs d'un astre à chaque minute, plus ou moins, autour du meridien, que l'on suppose déja connu, & sa plus grande ou moindre hauteur, sera sa hauteur meridiene que l'on cherche.

Pour ce qui est des observations qui se font hors du meridien dans les cercles verticaux, il faudra connoître la position du vertical, ou la chercher par la méthode suivante.

Premierement, le quart de cercle & sa lunete demeurant dans la même situation verticale où il étoit quand on a observé la hauteur de l'astre avec l'heure de son passage par le point où se croisent les fils de l'oculaire, on remarquera le tems que le soleil ou quelque étoile fixe, dont la longitude & latitude sont connues, arriveront au fil vertical de la lunete, c'est-à-dire, au cercle vertical qui paroît par l'astre & par la ligne de foi au tems de l'observation; d'où l'on connoîtra la position dudit cercle vertical, & on trouvera le vrai lieu de l'astre observé.

Mais si le soleil ou un autre astre ne passe point par l'ouverture du tuyau, & que d'ailleurs on ait une ligne meridiene bien tracée sur un terrain bien de niveau dans le lieu de l'observation, il faut abaisser un plomb d'un pignon ou de quelque autre corps ferme & immobile, éloigné du quart de cercle de trois ou quatre toises, sous lequel plomb il y ait une pointe de fer en l'alignement du fil, laquelle puisse marquer la rencontre du fil perpendiculaire. Pour lors il faut mettre tout près de la lentille objective une platine de cuivre ou de carte, au milieu de laquelle il y ait une petite

fente, laquelle étant posée verticalement, passe par le centre de la figure circulaire de la lentille, qui nous tient lieu de vrai centre. Cela fait voir distinctement le fil du perpendicule, lequel ne pouvoit se voir auparavant par la lunete à cause de sa trop grande proximité. C'est pourquoi on remuera le perpendicule jusqu'à ce que son fil convienne avec le fil vertical de la lunete; & par ce moyen on marquera sur le plancher le point où tombera ladite pointe de fer qui est sous le plomb, & ce sera un point du plan vertical que l'on cherche. Ensuite on suspendra un perpendicule devant le centre de la lentille objective, ou vis-à-vis le point où les fils se croisent, & l'on marquera comme ci-devant un point sur le plancher, lequel sera aussi dans le même vertical; c'est pourquoi si par ces deux points verticaux on tire une ligne droite qui rencontre la ligne méridiene, on aura la position du cercle vertical de l'astre observé, par rapport à la ligne meridiene, dont l'angle se mesurera en prenant des grandeurs connues sur chacune de ces deux lignes du point où elles se rencontrent, & par leurs extremitez tirant une base on aura un triangle, dont les trois côtez étant connus, on trouvera l'angle du sommet, qui sera la distance dudit vertical au meridien.

Maniere d'observer la hauteur meridiene des astres

Il y a trop de difficulté à bien placer le quart de cercle dans le plan du meridien pour pouvoir exactement trouver la hauteur meridiene d'un astre; car à moins de trouver un lieu & un mur commode, où l'on puisse attacher fermement le quart astronomique dans le plan du meridien, ce qui est très-difficile à faire, on n'aura point la veritable position du cercle meridien propre à observer tous les astres, comme nous avons dit ci-devant. C'est pourquoi il sera beaucoup plus facile, principalement dans les voyages, de se servir d'un quart portatif, par le moyen duquel on observera la hauteur de l'astre un peu avant son passage par le meridien, à chaque minute de tems, si l'on peut, jusqu'à ce qu'on trouve sa plus grande ou sa moindre hauteur sur l'horison. Ainsi quoique l'on n'ait pas la veritable position du meridien, on ne laissera pas d'avoir la hauteur meridiene apparente de l'astre.

Quoique cette méthode soit fort bonne & exemte d'erreur sensible, neanmoins si l'astre passe par le meridien proche du Zénith, on ne pourra avoir sa veritable hauteur meridiene que par hazard, par les observations repetées de minute en minute, puisqu'à chaque minute d'heure la hauteur augmente environ de 15 minutes de degré; & en ces sortes d'observations, la situation incommode de l'observateur, la variation de l'azimut de l'astre, de plusieurs degrez en peu de tems, le changement qu'il faut faire à l'instrument, & la difficulté de le bien replacer verticalement, empêchent de faire les observations plus frequentes que de 4 en 4 minutes d'heures, pendant lequel tems la difference de hauteur est un degré. C'est pourquoi en ce cas il sera plus sûr de chercher à connoître d'ailleurs la position du cercle meridien, ou le tems précis que l'astre passe au meridien, afin de placer l'instrument dans le plan dudit meridien, ou de le mouvoir en sorte que l'on puisse observer la hauteur de l'astre au moment qu'il passe par le meridien.

Des Refractions.

AYant observé la hauteur meridiene de deux étoiles fixes, laquelle soit égale ou peu differente, dont l'une soit vers le septentrion & l'autre vers le midi, & connoissant d'ailleurs leur déclinaison, trouver la refraction qui convient au degré de hauteur desdites étoiles fixes, & la vraie hauteur du pole ou de l'équateur dans le lieu de l'observation.

Ayant trouvé par le précepte precedent la hauteur meridiene apparente d'une étoile aux environs du pole, si on y ajoute ou que l'on en ôte le complément de la déclinaison de ladite étoile, on aura la hauteur apparente du pole; on aura aussi par la même raison la hauteur apparente de l'équateur, par le moyen de la hauteur meridiene d'une étoile aux environs de l'équateur, en ajoutant ou soustrayant la déclinaison.

Ensuite ayant ajouté ensemble les hauteurs trouvées de l'équateur & du pole, la somme en sera toujours plus grande qu'un quart de cercle; mais en ôtant 90 degrez de cette somme, le reste sera double de la refraction de l'une & l'autre étoile observée à même hauteur; c'est pourquoi ôtant cette refraction de ladite hauteur apparente du pole ou de l'équateur, on aura leur vraie hauteur.

EXEMPLE.

La hauteur meridiene observée d'une étoile au-dessous du pole boreal soit de 30 degrez 15 minutes, & le complement de la déclinaison de cette étoile soit de 5 degrez, donc la hauteur apparente du pole sera de 35 degrez 15 minutes. Semblablement soit la hauteur meridiene apparente, d'une autre étoile observée aux environs de l'équateur de 30 degrez 40 minutes, & sa déclinaison meridionale de 24 degrez 9 minutes; d'où l'on connoîtra la hauteur apparente de l'équateur de 54 degrez 49 minutes. C'est pourquoi la somme des hauteurs trouvées du pole & de l'équateur sera de 90 degrez 4 minutes, dont ayant ôté 90 degrez restera 4 minutes, qui sera le double de la refraction à la hauteur de 30 degrez 28 minutes qui est environ le milieu entre les hauteurs trouvées; c'est pourquoi à la hauteur de 30 degrez 15 minutes, la refraction sera un peu plus de deux minutes comme de deux minutes une seconde, & à la hauteur de 30 degrez 40 min. la refraction sera d'une minute 59 secondes.

Enfin si on ôte 2 minutes une seconde de la hauteur apparente du pole trouvée 35 degrez 15 minutes restera la vraie hauteur du pole 35 degrez 12 minutes 59 secondes, & par la même raison la vraie hauteur de l'équateur sera de 54 degrez 47 minutes une seconde, qui est le complément de la hauteur du pole.

Il faut remarquer que la refraction & la hauteur trouvée par cette methode sera d'autant plus exacte que la hauteur des astres sera grande; car encore bien que la difference des hauteurs de chaque étoile seroit de deux degrez, cela n'empêcheroit pas d'avoir la refraction & la vraie hauteur du pole, puisqu'au-dessus du 30me degré de hauteur, la difference de refraction entre deux degrez n'est point sensible.

Autre méthode pour observer les refractions.

L'On peut encore reconnoître la quantité de la refraction par l'observation d'une même étoile, dont la hauteur meridiene soit de 90 degrez ou un peu moindre ; car connoissant d'ailleurs la hauteur du pole ou de l'équateur dans le lieu de l'observation, par la hauteur meridiene de l'étoile, on connoîtra sa vraie déclinaison, puisque les refractions sont insensibles proche du zénith.

Mais si à chaque degré de hauteur de l'étoile on observe le tems marqué par une pendule exacte, comme aussi le tems de son passage par le meridien que l'on connoîtra par les hauteurs égales de ladite étoile vers l'orient & vers l'occident, nous aurons dans un triangle spherique trois choses connues ; à savoir, l'arc de la distance entre le pole & le zénith, le complément de la déclinaison de l'étoile, & l'angle compris par ces arcs ; savoir, la difference du tems moyen entre le passage de l'étoile par le meridien & son lieu, pour lequel se fait le calcul, convertie en degrez & minutes ; à quoi il faut ajouter la partie proportionnellle convenable du moyen mouvement du soleil à raison de 59 minutes 8 secondes par jour ; c'est pourquoi on trouvera le vrai arc du vertical entre le zénith & le vrai lieu de l'étoile.

Mais par l'observation on a l'arc apparent de la hauteur de ladite étoile, & la difference de ces arcs sera la quantité de la refraction à la hauteur de l'étoile. Par un semblable calcul on aura la refraction de chaque degré de hauteur.

On peut faire le même par le moyen du soleil ou de quelque étoile que ce soit, pourvû que l'on connoisse sa déclinaison, afin qu'au tems de l'observation on puisse trouver la vraie distance du soleil ou de l'étoile au zénith.

Ayant connu la refraction des astres il sera facile de trouver la hauteur du pole : car ayant observé la hauteur meridiene de l'étoile polaire, tant au-dessus qu'au-dessous du pole, le même jour, à peu de distance l'un de l'autre, ayant diminué de chaque hauteur la refraction convenable, la moitié de la difference des hauteurs corrigées, ajoutée à la moindre hauteur corrigée, ou soustraite de la plus grande aussi corrigée, on aura la vraie hauteur du pole.

Mr de la Hire a observé avec grand soin pendant plusieurs années la hauteur meridiene des étoiles fixes, & principalement de sirius & de la claire de la lyre avec des quarts de cercles astronomiques très-bien divisez & des lunetes très-excellentes à differentes heures du jour & de la nuit, & même pendant le milieu du jour, & en differentes saisons de l'année. Il assure n'avoir remarqué aucune difference dans les hauteurs desdites étoiles, que celle qui provient de leur mouvement propre.

Et comme l'étoile de sirius monte environ jusqu'au 26me degré du meridien, on pourroit douter si dans les moindres hauteurs les refractions d'hiver seroient plus grandes que celles d'été ; c'est pourquoi il a aussi observé avec feu Mr Picard les hauteurs meridienes de l'étoile nommée Capella, dans sa moindre hauteur meridiene, qui est environ de 4 degrez & demi en plusieurs differentes saisons de l'année.

Ayant comparé ensemble ces diverses observations & fait les réductions nécessaires à cause du mouvement propre de cette étoile, à peine a-t-il trouvé une minute de difference, laquelle pouvoit provenir d'une autre cause que des refractions. C'est pourquoi il n'a construit qu'une seule table de refraction du soleil, de la lune & des autres astres pour toutes les saisons de l'année, conformément aux observations qu'il en a faites.

Cependant on peut croire que les refractions sont sujetes à diverses inconstances autour de l'horison, selon la differente constitution de l'air & la nature du terrain haut ou bas, comme Mr de la Hire l'a souvent experimenté; car observant au pied des montagnes la hauteur des astres qui sembloient en raser le sommet, elles lui ont paru un peu plus hautes que s'il les avoit observées du sommet même; mais si on veut ajouter foi aux observations des autres, les refractions sont plus grandes, même en été dans les pays septentrionaux que dans les zones temperées.

Maniere de trouver par observation le tems de l'équinoxe & du solstice.

Ayant connu la hauteur de l'équateur, la refraction & la parallaxe du soleil à une même hauteur, il ne sera pas difficile de trouver le tems que le centre du soleil sera dans l'équateur; car si de la hauteur meridiene apparente du centre du soleil, le jour même qu'arrive l'équinoxe, on ôte la refraction convenable, & qu'on y ajoute la parallaxe, restera la vraie hauteur meridiene du centre du soleil. Or la difference de cette hauteur & de celle de l'équateur, marquera le tems du vrai équinoxe devant ou après midi, & si l'on divise par 59 la somme des secondes de cette difference trouvée, le quotien marquera les heures & les fractions d'heures qu'il faut ajouter ou soustraire du vrai midi pour avoir le tems du vrai équinoxe.

Les heures du quotien s'ajoutent au tems du midi, si la hauteur meridiene du soleil s'est trouvée moindre que celle de l'équateur vers l'équinoxe du printems; mais on les en soustrait si elle s'est trouvée plus grande. Il faut faire le contraire vers l'équinoxe d'automne.

EXEMPLE.

Etant donnée la vraie hauteur de l'équateur 41 degrez 10 minutes, & ayant observé la vraie hauteur meridiene du centre du soleil 41 degrez 5 minutes 15 secondes, laquelle se connoît par la hauteur apparente du bord supérieur ou inférieur du soleil corrigée par son demi-diametre, refraction & parallaxe, la difference sera de 4 minutes 45 secondes ou 285 secondes, lequel nombre étant divisé par 59, le quotien sera $4\frac{49}{59}$ c'est-à-dire, 4 heures 48 minutes qu'il faut ajouter à midi, si le soleil est en l'équinoxe du printems, & par consequent l'équinoxe arrivera à 4 heures 48 minutes après midi. Mais si le soleil étoit en l'équinoxe d'automne, ledit équinoxe seroit arrivé 4 heures 48 minutes avant midi, c'est-à-dire à 7 heures 12 minutes du matin.

A l'égard des solstices, il y a bien plus de difficulté à les déterminer que les équinoxes, car il ne suffit pas d'une seule observation, parce qu'en ces tems la difference entre les hauteurs meridienes d'un jour à l'autre est presque imperceptible. Il faudra donc prendre exactement la hauteur meri-

diene du ſoleil, 12 ou 15 jours avant le ſolſtice, & autant de tems après, tâcher de retrouver à peu près la même hauteur méridiene du ſoleil, afin que par les parties proportionelles du changement de hauteur meridiene du ſoleil, on puiſſe exactement déterminer le tems que le ſoleil s'eſt trouvé à même hauteur, devant & après le ſolſtice, étant dans le même cercle parallele à l'équateur.

Ayant donc connu le tems écoulé entre l'une & l'autre ſituation du ſoleil, il en faut prendre le milieu, & chercher dans les tables le vrai lieu du ſoleil qui convient à ces trois tems. Le milieu de la difference des lieux extrêmes du ſoleil s'ajoutera au moindre, afin d'en faire un lieu moyen par la comparaiſon des extrêmes; mais ſi le lieu moyen trouvé par le calcul ne convient pas au lieu moyen trouvé par ladite comparaiſon, il faut en prendre la difference & ajouter au tems moyen le tems qui répond à cette difference, ſi le tems moyen trouvé par le calcul eſt le plus petit, & au contraire le ſouſtraire s'il eſt plus grand, afin d'avoir le tems du ſolſtice.

EXEMPLE.

Le dixiéme jour du mois de Juin la hauteur meridiene apparente du ſoleil a été trouvée dans l'Obſervatoire royal de 64 degrez 27 minutes 25 ſec. & le 3me jour de Juillet enſuite, ladite hauteur meridiene apparente s'eſt trouvée de 64 degrez 28 minutes 15 ſecondes, d'où l'on connoît par la difference de déclinaiſon en ce tems, que le ſoleil eſt arrivé au parallele de la premiere obſervation le 3me jour de Juillet à 4 heures 12 minutes, & par conſequent le tems moyen entre les obſervations ſera le 22me Juin à 2 heures & 6 minutes du matin.

Or par les tables, le vrai lieu du ſoleil au tems de la premiere obſervation eſt 2 ſignes, 18 degrez 58 minutes 23 ſecondes, & au tems de la derniere il eſt 3 ſignes, 11 degrez 4 minutes 52 ſecondes, & au milieu il eſt 3 ſignes, 0 degré 1 minute 56 ſecondes.

Mais la difference des lieux extrêmes eſt 22 degrez 6 minutes 29 ſecondes dont la moitié eſt 11 degrez 3 minutes 15 ſecondes, leſquels ajoutez au moindre lieu font 3 ſignes, 0 degré 1 minutes 38 ſecondes, lequel eſt le lieu moyen par la comparaiſon des extrêmes.

Entre le lieu moyen par le calcul 3 ſignes, 0 degré 1 minute 56 ſecondes & le lieu moyen par comparaiſon, la difference eſt 18 ſecondes, qui correſpondent à 7 minutes 18 ſecondes de tems qu'il faut ôter du tems moyen, parce que le lieu moyen par le calcul eſt plus grand que le lieu moyen par comparaiſon. C'eſt pourquoi le tems du ſolſtice ſera le 22me Juin à 1 heure 58 minutes 18 ſecondes du matin. Ce qui peut ſe confirmer par pluſieurs autres obſervations.

Il eſt à remarquer que l'erreur de peu de ſecondes, plus ou moins dans la hauteur du ſoleil obſervée, peut éloigner d'une heure le ſolſtice de ſon vrai tems, comme en l'exemple propoſé 10 ſecondes de hauteur ou environ répondent à une heure de tems; c'eſt pourquoi cela ne ſe peut faire qu'avec des inſtrumens bien diviſez & pluſieurs obſervations très-exactes.

Observations faites dans l'Observatoire royal aux environs des solstices pour avoir la hauteur du pole de Paris dans l'Observatoire, & de la plus grande déclinaison du soleil ou obliquité de l'écliptique.

AU solstice d'été la hauteur meridiene apparente du bord superieur du soleil, recueillie de plusieurs observations, s'est trouvée

	deg.	min.	sec.
de	64	55	24
Refraction à soustraire			33
Parallaxe à ajouter			1
Vraie hauteur du bord superieur	64	54	52
Demi-diametre du soleil		15	49
Vraie hauteur meridiene du centre	64	39	3

Au solstice d'hiver, la hauteur meridiene apparente du bord superieur du soleil

	deg.	min.	sec.
rieur du soleil	18	0	24
Refraction à soustraire		3	12
Parallaxe à ajouter			5
Vraie hauteur du bord superieur	17	57	17
Demi-diametre du soleil		16	21
Vraie hauteur meridiene du centre	17	40	56

	d.	m.	secondes
Donc la vraie distance des tropiques est	46	58	7
La moitié qui est la plus grande déclinais. du soleil	23	29	3 & demi.
La hauteur de l'équateur à l'Observatoire	41	9	59 & demi.
Son complément qui est la hauteur du pole	48	50	0 & demi.

Observations de l'étoile Polaire.

PAr diverses observations de la plus grande & de la moindre hauteur meridiene apparente de l'étoile polaire, qui est à l'extrémité de la queue de la petite Ourse, on conclut la hauteur apparente du pole, comme l'a marqué M[r] Picard dans son livre de la mesure de la terre, entre les portes de saint Jacques & de saint Martin, aux environs de saint Jacques de la Boucherie, 48 degrez 52 minutes 20 secondes.

La réduction étant faite selon la distance des lieux, la hauteur meridiene

apparente du pole à l'Observatoire royal, sera de	48	51	2
La refraction qui convient à cette hauteur		1	4
Donc la vraie hauteur du pole à l'Observatoire	48	49	58
Pour laquelle nous prenons	48	50	0
Et par consequent la hauteur de l'équateur.	41	10	0

Connoissant l'heure ou le tems vrai ou apparent qu'une étoile fixe ou une planete passe par le cercle meridien, trouver la difference d'ascension droite entre l'étoile fixe ou la planete & le soleil.

IL faut convertir en degrez de l'équateur le tems donné depuis midi jusqu'au passage de l'étoile fixe ou de la planete, ou bien le tems depuis leur passage jusqu'à midi, & l'on aura ce que l'on cherche.

EXEMPLE.

La planete de jupiter a paſſé par le meridien à 10 heures du matin, 23 minutes & 15 ſecondes, dont la diſtance juſqu'à midi, qui eſt 1 heure 36 minutes 45 ſecondes étant convertie en degrez de l'équateur, nous aurons 24 degrez 11 minutes 15 ſecondes pour la difference d'aſcenſion droite entre le ſoleil & jupiter, au moment que le centre de jupiter a paſſé par le meridien.

Dans ce problême & le ſuivant nous propoſons le tems vrai ou apparent, & non pas le tems moyen; parce que le tems vrai eſt plus aiſé à connoître par les obſervations du ſoleil, que le tems moyen. Nous expliquerons ce que c'eſt que le tems moyen auſſi-bien que le tems vrai ou apparent, dans le quatriéme chapitre de ce livre, en parlant de la machine pour les éclipſes.

Connoiſſant le tems vrai entre le paſſage de deux étoiles fixes par le meridien, ou bien d'une étoile fixe & d'une planete, trouver leur difference d'aſcenſion droite.

IL faut convertir en degrez de l'équateur le tems donné entre leurs paſſages, & y ajouter l'aſcenſion droite du vrai mouvement du ſoleil qui convient à ce tems; la ſomme ſera la difference que l'on cherche.

EXEMPLE.

Entre les paſſages par le meridien de l'étoile du grand-chien nommé ſirius, & du cœur du lion nommé regulus, il s'eſt écoulé 3 heures 20 minutes 0 ſeconde de tems, l'aſcenſion droite du vrai mouvement du ſoleil qui convient à ce tems, ſoit ſuppoſée de 7 minutes 35 ſecondes.

C'eſt pourquoi convertiſſant en degrez de l'équateur leſdites 3 heures 20 minutes nous aurons 50 degrez, auſquels ajoutant 7 minutes 35 ſecondes la ſomme 50 degrez 7 minutes 35 ſecondes ſera la difference d'aſcenſion droite entre ſirius & regulus.

Il en eſt de même d'une étoile fixe & d'une planete, ou de deux planetes; cependant il faut remarquer que ſi le mouvement propre de la planete ou des planetes eſt conſiderable entre le paſſage de l'une & de l'autre par le meridien, il faut y avoir égard.

Maniere d'obſerver les éclipſes.

ENtre les obſervations des éclipſes nous avons le commencement & la fin, l'immerſion totale & l'émerſion qui ſe peuvent eſtimer aſſez exactement par les yeux ſeuls, ſans lunetes de longue vue, excepté neanmoins le commencement & la fin des éclipſes de lune où l'on peut faire erreur d'une minute ou deux, à cauſe qu'il eſt difficile de déterminer certainement l'extremité de l'ombre. Mais la quantité de l'éclipſe, c'eſt-à-dire, la portion éclipſée du diſque du ſoleil & de la lune, laquelle ſe meſure par doigts ou 12mes parties de tout le diametre du ſoleil & de la lune, & par minutes ou 60mes parties deſdits doigts, ne ſe peut bien connoître ſans une lunete de longue vue jointe à quelque inſtrument. Car l'eſtimation que l'on

l'on en peut faire avec les yeux est fort sujete à erreur, comme il est aisé de reconnoître dans l'histoire des anciennes éclipses, quoique les observations en ayent été faites par de très-habiles astronomiques.

Les premiers astronomes qui se sont servi de lunetes de longue vue, garnies de deux verres, savoir, l'objectif convexe & l'oculaire concave dans les observations des éclipses, observoient celles de soleil par la méthode suivante. On faisoit un trou aux volets d'une chambre bien fermée, on y mettoit le tuyau d'une lunete, comme celle que nous venons de décrire; de sorte que les rayons du soleil passant par ladite lunete, étoient reçus sur un carton ou tablete blanche, sur laquelle on avoit premierement décrit un cercle d'une grandeur convenable, avec cinq autres concentriques & également éloignez l'un de l'autre. Ces cercles avec le centre partageoient en douze parties égales tout le diametre du cercle exterieur. Ayant donc ajusté ladite tablete perpendiculaire à la situation du tuyau de la lunete, on y voyoit l'image lumineuse du soleil d'autant plus grande que cette tablete étoit éloignée de la lentille oculaire vers la partie intérieure de la chambre; c'est pourquoi en l'approchant ou reculant dudit tuyau, on cherchoit le lieu où l'image du soleil paroissoit exactement égale à la circonference du cercle extérieur, & en cette distance on arrêtoit la tablete avec le tuyau de la lunete qui composoit la machine pour ladite observation. Ensuite on faisoit mouvoir le tuyau selon le mouvement du soleil, afin que le bord lumineux de son disque touchât par tout la circonference du cercle extérieur décrit sur la tablete, & par ce moyen on voyoit la quantité de la portion éclipsée, & de sa plus grande obscurité, qui se mesuroit par le moyen des cercles concentriques; on marquoit l'heure de chaque phase par une horloge à secondes rectifiée & preparée pour cette observation. La même méthode s'observe encore par plusieurs astronomes, qui se servent aussi d'un reticule circulaire fait par six cercles concentriques sur du papier très-fin qu'on peut huiler pour rendre l'image du soleil plus sensible. Le plus grand de ces cercles doit contenir exactement l'image du soleil au foyer du verre objectif d'une l'unete de 40 à 60 pieds, ces 6 cercles sont à distance égale & divisent avec le cercle le diametre du soleil en 12 doigts égaux; lorsque ce papier est placé au foyer d'une grande lunete, on distingue nettement la partie du soleil qui reste éclairée; on ne se sert point alors de verre oculaire.

Il y en a d'autres qui se servent d'un telescope garni de deux lentilles convexes, d'où s'ensuit le même effet. Mais quoique cet usage du telescope soit très-propre pour observer les éclipses du soleil, il est cependant inutile pour les éclipses de lune, à cause de son peu de lumiere. D'autres enfin se servent d'un micrometre placé au foyer commun des lentilles convexes. Outre la quantité des phases des éclipses de soleil & de lune, que l'on connoît facilement par ledit micrometre, on peut de plus connoître les diametres des luminaires, & la proportion du diametre de la terre à celui de la lune, tant par la portion obscurcie de son disque, que par la portion lumineuse avec la distance entre ses cornes.

Cette méthode d'observer les éclipses par le moyen du micrometre sera beaucoup plus utile, si les divisions ausquelles s'appliquent les fils de soie, sont faites de sorte que six intervales de fils contiennent le diametre du soleil ou de la lune. Car le fil mobile posé au milieu de la distance entre

les immobiles, ce qui n'eſt point difficile à faire, marquera chacun des doigts de l'éclipſe.

La même lunete du micrometre pourra ſervir à toutes les autres obſervations & meſures des éclipſes, comme dans les éclipſes de lune pour obſerver l'ombre de la terre, laquelle couvre & abandonne les taches.

Il reſte pourtant une difficulté aſſez conſiderable, c'eſt de faire pour chaque éclipſe une diviſion nouvelle du micrometre qui puiſſe ſervir d'un raiſeau commun à toutes les obſervations, car à peine trouve-t-on deux éclipſes en tout un ſiecle, auſquelles le diametre apparent du ſoleil ou de la lune ſoit le même.

C'eſt pourquoi Mr de la Hire a inventé un nouveau reticule ou raiſeau, lequel ayant tous les uſages du micrometre ordinaire, peut ſervir à obſerver toutes ſortes d'éclipſes, s'accommodant à toutes les diametres apparens du ſoleil & de la lune, & dont les diviſions ou fils ſont aſſez fermes & ſolides pour reſiſter à tous les changemens & inconſtances de l'air, quoiqu'ils ſoient auſſi déliez que des fils de ſoie.

La conſtruction & uſage de ce reticule eſt telle. Premierement, il faut choiſir deux lentilles objectives de lunetes de même foyer, ou à peu prés, leſquelles on joint enſemble; comme par exemple, le foyer de deux lentilles enſemble de 8 pieds, qui eſt la longueur d'une lunete, commode pour obſerver toutes ſortes d'éclipſes, excepté neanmoins le commencement & la fin des éclipſes de ſoleil, où il faut de plus longues lunetes pour les déterminer exactement.

Secondement, il eſt marqué dans les tables que le plus grand diametre de la lune à la hauteur de 90 degrez eſt de 34 minutes 6 ſecondes, auquel ajoutant 10 ſecondes, on aura 34 minutes 16 ſecondes. C'eſt pourquoi il faut dire par la regle de proportion, comme le rayon ou ſinus total, à la tangente de 17 minutes 8 ſecondes, qui eſt moitié de 34 minutes 16 ſec. ainſi 8 pieds, ou la longueur du foyer des deux lentilles, aux parties du pied, leſquelles doublées au foyer de la lunete, contiendront un angle de 34 minutes 16 ſecondes, & ce 4me nombre doublé ſera le diametre dudit raiſeau circulaire.

Troiſiémement, ſur un verre bien applani, clair & poli on décrira legerement avec une pointe de diamant, attachée à une des jambes du compas ſix cercles concentriques & également éloignez l'un de l'autre, dont le plus grand & dernier ait le demi-diametre égal au 4me terme ci-devant trouvé. On tire auſſi ſur tous ces cercles deux diametres, ſe croiſans à angles droits. Cette petite platine de verre ainſi preparée étant miſe dans le tuyau, dont nous avons ci-devant parlé, & au foyer de la lunete, ſera un raiſeau fort commode pour obſerver toutes les éclipſes de ſoleil & de lune, & il diviſera en 12 doigts ou parties égales tous les diametres apparens du ſoleil & de la lune, de la maniere que nous allons expliquer.

Il eſt évident par la dioptrique que tous les rayons qui partent des points d'un objet éloigné après leur refraction, par deux lentilles convexes ou jointes ou peu éloignées, dépeindront au foyer commun deſdites lentilles leur image, laquelle ſera d'autant plus grande à proportion que les lentilles ſeront éloignées l'une de l'autre, & que la plus petite ſera lorſque les lentilles ſeront jointes enſemble. C'eſt pourquoi ſi les lentilles objectives, dont on ſe ſert dans cette conſtruction, ſont miſes chacune en un

tuyau, & que ces deux tuyaux conviennent si bien qu'ils se puissent emboèter l'un dans l'autre ; les lentilles étant conjointes, l'image de l'objet éloigné, dont les rayons partans des extremitez tomberont dans les lentilles sous un angle de 34 minutes 16 secondes surpassera de 10 secondes le plus grand diametre apparent de la lune ; c'est pourquoi en éloignant peu à peu les lentilles, on trouvera la position en laquelle le plus grand cercle du raiseau posé au foyer, répond à un angle de 34 minutes 6 secondes. Car l'image d'un objet vû sous un moindre angle, pourra être égale à l'image du même objet vû sous un plus grand angle, selon la differente longueur des foyers. Mais le raiseau a son tuyau particulier, ce qui fait qu'on le peut éloigner autant qu'on voudra des lentilles objectives. Nous allons ici rapporter deux méthodes pour trouver les positions des lentilles & du raiseau propres à recevoir les differens diametres du soleil & de la lune.

Premierement, dans un lieu bien uni & propre à faire des observations avec des lunetes, mettez une table blanche à 2 ou 300 toises de la lunete, & directement opposée à la longueur du tuyau, sur laquelle table vous aurez tracé deux lignes droites, noires & paralleles, l'intervale desdites lignes, à l'égard de la distance qu'il y a entre ladite table & la lunete, soit tel que le requiert un angle de 34 minutes 6 secondes ; de sorte que ledit intervale des lignes noires representé au foyer des lentilles objectives y fasse un angle de 34 minutes 6 secondes, ce que l'on aura par une regle de proportion en disant de même que nous avons dit pour le micrometre. Comme le sinus total est à la tangente de 17 minutes 3 secondes, ainsi la distance de la table au tuyau des lentilles objectives est à la moitié de l'intervale des lignes noires. Ainsi on cherchera par l'experience le lieu de chaque lentille objective & du raiseau posé en leur foyer commun ; en sorte que la representation des lignes noires embrasse tout le diametre du plus grand cercle dudit raiseau. L'on marquera sur les tuyaux le nombre 34 minutes 6 secondes en chaque position des lentilles & de leur foyer ou du raiseau, afin de pouvoir ajuster les lentilles & le raiseau en leur juste distance toutes les fois qu'il s'agira d'un angle de 34 minutes 6 secondes.

Ensuite si on éloigne davantage ladite table du tuyau, & que sa distance soit telle que l'intervale des lignes noires soit la base d'un angle de 33 min. par exemple, dont le sommet soit aux lentilles de la lunete, ce que l'on connoîtra par le calcul, en disant, comme la tangente de 16 minutes 30 secondes est au sinus total, ainsi la moitié de l'intervale des lignes noires est à la distance de la table aux lentilles. Or dans cette position de la lunete & de la table il faudra chercher la position des lentilles entre elles & du raiseau, en sorte que la representation des lignes noires qui se fait bien distincte au foyer des lentilles, occupe tout le diametre du plus grand cercle du raiseau ; puis l'on marquera le nombre 33 minutes sur les tuyaux à la place où se doit mettre chacune des lentilles & le raiseau. Faites ensuite la même operation pour les angles 32 minutes, 31 minutes, 30 & 29 min.

Que si l'on divise en 60 parties égales les distances marquées sur les tuyaux entre les differentes positions des lentilles & du raiseau qui conviennent à une minute, on aura leurs positions pour chaque seconde, & par ce moyen le même cercle de votre raiseau pourra s'accommoder à tous les differens diametres apparens du soleil & de la lune, & le diametre du

plus grand cercle étant divisé en 12 parties égales, il servira à connoître la quantité de toutes les éclipses de soleil & de lune.

La seconde méthode tirée de l'optique, n'étant point fondée sur un si grand nombre d'experiences, paroîtra peut-être plus facile à quelques-uns; car connoissant les foyers de chacune des lentilles objectives, on dira:

Comme la somme de la longueur des foyers des lentilles (soit de même, soit de different foyer) moins la distance entre les lentilles est à la longueur du foyer de la lentille exterieure, moins la distance entre les lentilles; ainsi le même terme est à un quatriéme, lequel étant ôté de la longueur du foyer de la lentille exterieure restera la distance de la lentille exterieure au foyer commun des lentilles, qui est le lieu du raiseau.

On connoîtra aussi par la même méthode la position du foyer commun des lentilles, si elles sont jointes, par le moyen des mêmes termes de la regle ci-dessus, & sans avoir aucun égard à la distance entre les lentilles; mais pour faire un calcul plus exact il faut compter le lieu des lentilles au milieu de leur épaisseur.

C'est pourquoi en supposant plusieurs distances differentes entre les lentilles objectives, on trouvera la longueur de leur foyer, c'est-à-dire, le lieu du raiseau correspondant à chaque distance.

Ensuite on dira, comme la longueur du foyer connu, au demi-diametre du raiseau tel qu'il soit; ainsi le rayon à la tangente de l'angle qui convient au demi-diametre du raiseau.

Par la même méthode on aura aussi la grandeur du cercle exterieur dudit raiseau, en disant, comme le rayon à la tangente d'un angle de 17 minutes 3 secondes, ainsi la longueur du foyer des lentilles jointes qui a été trouvée ci-devant, est au demi-diametre du plus grand cercle exterieur.

Ayant donc ainsi connu le nombre des minutes & secondes comprises dans le plus grand cercle du raiseau, selon les differens intervales des lentilles, on les écrira sur chaque tuyau des lentilles & du raiseau, & de plus on divisera en secondes les distances entre les termes trouvez, comme nous avons dit en la premiere méthode. C'est pourquoi on trouvera aussitôt les positions des lentilles & du raiseau, qui contiendront les diametres apparens du soleil & de la lune tels qu'il seront proposez.

Que si l'on trouve trop de difficulté pour tracer exactement sur le verre les cercles concentriques, on n'aura qu'à tracer sur ce verre avec la pointe du diamant 13 lignes droites, paralleles entre elles & d'égale distance, avec une autre ligne droite qui leur soit perpendiculaire; mais la longueur de cette perpendiculaire entre les paralleles extrêmes doit être égale au diametre trouvé du plus grand cercle du raiseau, comme nous avons dit ci-devant. On pourra se servir de ce raiseau au lieu de celui qui est composé de fils de soie.

On pourra aussi se servir d'un verre sur lequel on aura tracé des lignes avec une pointe très fine de diamant, dans le même ordre que seroient les fils de soie, soit pour le micrometre, soit pour la lunete de longue vue du quart de cercle astronomique ou du niveau; car cette petite platine de verre étant ajustée dans son propre cadre, ainsi qu'il a été dit en parlant de la construction du micrometre, servira aux mêmes usages que les fils

de soie. Je crois qu'on n'a encore rien découvert jusqu'ici de plus utile en toute l'astronomie pratique, puisque de pareils raiseaux ne sont points sujets aux inconstances de l'air, ni à être rongez par des insectes, ni aux mouvemens de l'instrument, qui font que très-souvent les fils se rompent ou se dérangent de leur vraie position; ce qui sera très-commode à tous les observateurs, mais principalement dans les lieux découverts & dans les longs voyages.

L'on peut aussi se servir dans l'observation des angles, d'un verre avec une ligne tracée dans le milieu, laquelle soit un peu plus large que celles que l'on trace pour servir de fils de soie. On ajustera un verre ainsi preparé dans la petite fenêtre qui est au bout de la regle ou alidade mobile du quart astronomique, en sorte que la ligne tracée sur la surface du verre touche le bord de l'instrument & qu'elle soit dirigée vers son centre, & on s'en servira au lieu de cheveu que l'on met ordinairement en cet endroit, lequel est sujet à beaucoup d'incommoditez.

XX. Planche. Fig. 9.

Il y a des gens qui préferent les fils de soie aux lignes tracées sur le verre, dont la surface peut causer quelque obscurité aux objets, ou qui peut faire quelque erreur, s'il n'est pas bien applani; mais si ces difficultez, qui ne sont d'aucune consequence, comme on connoîtra par l'usage, leur font peine, ils pourront se servir de fils de verre bien droits & bien tendus, au lieu de fils de soie, car on en trouve d'aussi déliez que de la soie, & qui sont assez fermes pour resister aux inconstances de l'air.

Ces filets de verre se font en tirant du creuset qui est dans le fourneau aux verreries; on prend pour cela avec le bout de la verge de fer dont on se sert, un peu de verre fondu qu'on attache promptement à un grand devidoir, il suit un filet très-délié qui tient par un bout au devidoir, & par l'autre au verre fondu qui est dans le creuset. On tourne avec une grande vitesse aussi-tôt le devidoir, & il se forme un filet de verre plus délié que les cheveux, qui se ploye & redresse sans se casser; on s'en sert ordinairement pour faire des aigretes. On les attache aux lunetes comme les fils de soie.

Quoique les phases ou apparences des éclipses de lune, dont les astronomes se servoient dans les usages astronomiques & géographiques, se puissent observer bien plus facilement & plus exactement par le moyen de notre raiseau que par les anciennes méthodes; il faut cependant avouer que l'on observe plus commodément l'immersion & l'émersion des taches de la lune dans l'ombre de la terre que les phases, à cause de leur multitude, & qu'il faut moins d'appareil en se servant d'une lunete longue seulement de 6 pieds; car pour cela il ne faut que la planche qui represente le disque de la lune dans son plein, où sont marquez les noms propres des taches & des principaux lieux qui paroissent sur le disque de la lune, comme on les trouve dans l'astronomie reformée du R. P. Ricioli, & dans le livre de la connoissance des tems.

On pourra marquer le tems que les principales taches commenceront d'entrer dans l'ombre, & le tems qu'elles y seront toutes plongées, ou bien le tems du commencement & de la fin de leur sortie, d'où l'on connoîtra le tems de l'immersion & de l'émersion de leur centre.

Cette figure de la lune se trouve gravée à l'envers telle qu'elle paroît avec une lunete garnie de deux verres convexes, ce qui a été fait, afin

que l'on puisse plus facilement rapporter à ladite figure le passage de l'ombre de la terre par les taches de la lune.

On tire de grands avantages des observations des éclipses, car si l'on marque exactement le tems du commencement d'une éclipse de lune, de son immersion totale dans l'ombre, de son émersion & de sa fin, comme aussi du passage de l'ombre de la terre par les taches dépeintes sur sa figure, on aura la difference des longitudes des lieux où se feront les observations, comme savent tous les astronomes. Mais parce qu'il arrive rarement des éclipses de lune que l'on puisse observer en differens pays, pour en conclure la difference de leur longitude, on peut à leur place observer les éclipses des satellites de jupiter; c'est-à-dire, leurs immersions & émersions dans son ombre, mais principalement du premier, dont le mouvement étant très-vîte autour de jupiter, on peut en faire commodément plusieurs observations pendant le cours d'une année, & de-là on peut connoître exactement la difference des longitudes des lieux où se font lesdites observations.

Il faut pourtant remarquer, que les éclipses de lune n'ont pas besoin d'un si grand appareil que les éclipses des satellites de jupiter, lesquelles on ne peut observer facilement & exactement à moins que d'avoir une lunete de 12 pieds de long, au lieu que les éclipses de lune se peuvent observer sans lunete, s'il ne s'agit que des phases du commencement & de la fin, ou de l'immersion & de l'émersion, ou bien avec une lunete de mediocre longueur, on peut observer les immersions & émersions de ses taches.

Mr de Cassini très-habile astronome de l'Academie Royale des Sciences, a mis au jour l'an 1693, des tables exactes des mouvemens des satellites de jupiter. C'est pourquoi en comparant le tems de l'immersion ou de l'émersion du premier satellite de jupiter trouvé par les tables dressées pour l'Observatoire, avec les observations faites en tous autres lieux, par la difference du tems on connoîtra la difference des longitudes entre l'Observatoire & le lieu de l'observation. Ce qui se pourra confirmer en observant le même phénomene en l'un & l'autre lieu.

Il est à propos d'avertir ici les observateurs d'un cas qui empêche souvent d'observer exactement les satellites de jupiter. Dans un tems serein on remarque souvent que la splendeur de jupiter & de ses satellites s'éteint peu à peu, de sorte qu'il est impossible de déterminer exactement le vrai tems de l'immersion ou émersion. La cause de cet accident vient de la lentille objective, laquelle se couvre toute de goutes de rosée, qui détournent les rayons de lumiere, ce qui fait qu'il y en a très-peu qui parviennent jusqu'à l'œil.

Un remede très-sûr à cette incommodité, est qu'en faisant un tuyau de papier brouillard; c'est-à-dire, tournant deux ou trois feuilles l'une sur l'autre, on fera un tuyau long d'environ deux pieds assez ample pour embrasser le bout du tuyau de la lunete du côté du verre objectif. Ce tuyau ainsi ajusté boira la rosée de la nuit, & empêchera qu'elle ne parvienne jusqu'au verre; & par ce moyen on pourra commodément faire les observations.

La difficulté dans les observations des éclipses du soleil & de la lune, est d'observer exactement les doigts éclipsez. M^r^ le Chevalier de Louville de l'Academie des Sciences, a dans l'idée une machaine pour pouvoir faire

suivre le micrometre à l'astre qu'on observe; car comme l'astre va dans un sens, pendant que l'ombre va dans un autre, l'observateur n'a pas le tems de mesurer la quantité du disque qui reste illuminé. Mr de Louville propose une machine passallatique, qui étant jointe à un horloge de fer qui feroit tourner une manivelle attachée à une vis sans fin, par le moyen de laquelle ce mouvement d'horloge seroit tellement disposé, qu'il feroit tourner ladite machine, avec la vitesse du mouvement diurne du soleil; par ce moyen on pourroit faire en sorte qu'un des fils du micrometre seroit toujours vis-à-vis du limbe ou bord de l'astre opposé à l'endroit le plus éclipsé; & l'observateur n'ayant pour lors qu'à songer à prendre cette quantité, par le moyen de la vis du micrometre, il en pourroit aisément venir à bout; ce qu'on ne sauroit faire par toute autre machine qu'on ait inventée jusqu'à present.

CHAPITRE V.

De la construction & usage d'une machine qui montre les éclipses, tant du soleil que de la lune, les mois & les années lunaires, avec les epactes.

XXI. Planche. Fig. 5.

CEtte machine est inventée par Mr de la Hire, & est composée de trois platines rondes de cuivre ou de carte, & d'une regle ou alidade qui tourne autour d'un centre commun vers le bord de la platine superieure qui est la plus petite. Il y a deux bandes circulaires, dans lesquelles on a fait de petites ouvertures rondes, dont les exterieures marquent les nouvelles lunes, & l'image du soleil, & les interieures marquent les pleines lunes, & l'image de la lune. Le bord de cette platine est divisé en 12 mois lunaires qui contiennent chacun 29 jours 12 heures 44 minutes; mais de telle sorte que la fin du 12me mois, qui fait le commencement de la seconde année lunaire, surpasse la premiere nouvelle lune de la quantité de 4, des 179 divisions marquées sur la platine du milieu.

Au bord de cette platine il y a un index attaché, dont l'un des côtez, qui est en la ligne de foi, fait partie d'une ligne droite qui tend au centre de la machine; laquelle ligne passe aussi par le milieu de l'une des ouvertures exterieures qui montre la premiere nouvelle lune de l'année lunaire. Le diametre des ouvertures est égal à l'étendue de quatre degrez ou environ.

Le bord de la seconde platine est divisé en 179 parties égales, qui servent pour autant d'années lunaires, dont chacune est de 354 jours, 9 h. ou environ. La premiere année commence au chifre 179, auquel finit la derniere.

Les années accomplies sont marquées chacune par leurs chifres 1, 2, 3, 4, &c. qui vont de 4 en 4 divisions, & qui font 4 fois le tour pour achever le nombre 179, comme on le voit en la figure de cette platine. Chacune des années lunaires comprend quatre desdites divisions, de sorte qu'en cette figure elles anticipent l'une sur l'autre de 4 desdites 179 divisions du bord.

Sur cette même platine au-dessous des ouvertures de la premiere, il y a aux deux extremitez d'un même diametre un espace coloré de noir, qui repond aux ouvertures exterieures, & qui marque les éclipses de soleil,

& un autre espace rouge qui répond aux ouvertures interieures, qui marque les éclipses de la lune. La quantité de chaque couleur qui paroît par les ouvertures fait voir la grandeur de l'éclipse. Le milieu des deux couleurs, qui est le lieu du nœud de la lune, répond d'un côté à la division marquée 4, & 2 tiers de degré de plus; & d'autre côté il répond au nombre opposé.

La figure de l'espace coloré se voit sur cette seconde platine, & son amplitude ou étendue marque les termes des éclipses.

La troisiéme & la plus grande des platines qui est au-dessous des autres, contient les jours & les mois des années communes. La division commence au premier jour de Mars, afin de pouvoir ajouter un jour au mois de Février, quand l'année est bissextile. Les jours de l'année sont décrits en forme de spirale, & le mois de Février passe au-delà du mois de Mars, à cause que l'année lunaire est plus courte que l'année solaire, de sorte que la 15me heure du 10me jour de Février répond au commencement du mois de Mars. Mais après avoir compté le dernier jour de Février, il faut retrograder avec les deux platines superieures dans l'état où elles se trouvent pour reprendre le premier jour de Mars. Il y a 30 jours marquez au-devant du mois de Mars qui servent à trouver les épactes.

Il faut remarquer que les jours, comme nous les prenons ici, ne sont point accomplis suivant l'usage des astronomes, mais comme le vulgaire les compte, commençant à une minuit & finissant à minuit du jour suivant. C'est pourquoi toutes les fois qu'il s'agit du premier jour d'un mois, ou de tout autre, nous entendons l'espace de ce jour marqué dans la division; car nous comptons ici les jours courans, suivant l'usage vulgaire.

Dans le milieu de la platine superieure on a décrit des époques qui marquent le commencement des années lunaires, par rapport aux années solaires, selon le calendrier grégorien & pour le meridien de Paris. Le commencement de la premiere année, dont la marque doit être zero, & qui répond à la division 179, est arrivé à Paris le 29 Février à 14 heures & demie de l'année 1680.

La fin de la premiere année lunaire, qui est le commencement de la seconde, répond à la division marquée 1, & elle est arrivée à Paris l'an 1681, le 17 Février à 23 heures un quart, en comptant comme nous avons dit, 24 heures de suite d'une minuit à l'autre.

Et de crainte qu'il n'y eût quelque erreur en rapportant les divisions du bord de la seconde platine avec celles des époques des années lunaires qui leur correspondent, nous avons mis les mêmes nombres aux unes & aux autres.

Nous avons marqué les époques de suite de toutes les années lunaires, depuis l'année 1700 jusqu'à l'année 1750, afin que l'usage de cette machine fût plus facile pour accorder ensemble chacune desdites années lunaires & solaires. Quant aux autres années de notre cycle de 179 ans, il ne sera pas difficile de le rendre complet en ajoutant 354 jours 8 heures 48 minutes & deux tiers pour chaque année lunaire.

La regle ou alidade qui s'étend du centre de l'instrument jusqu'au bord de la plus grande platine, sert à rapporter les divisions d'une platine avec celles des deux autres. Que si l'on applique cette machine à un horloge, on aura un instrument parfait & accompli en toutes ses parties.

La

La table des époques qui eſt dreſſée pour le meridien de Paris pourra facilement ſe réduire aux autres meridiens, ſi pour les lieux plus orientaux que Paris, on ajoute le tems de la difference des meridiens, & au contraire ſi on l'ôte pour les lieux plus occidentaux.

Il eſt à propos de mettre la table des époques au milieu de la platine ſuperieure, afin qu'elle ſe puiſſe voir avec cette machine.

Maniere de faire les diviſions ſur les platines.

LE cercle de la plus grande platine eſt diviſé de telle façon que 368 degrez 2 minutes 42 ſecondes comprennent 354 jours 9 heures un peu moins; d'où il s'enſuit que ce cercle doit contenir 346 jours 15 heures, leſquelles on peut prendre ſans erreur ſenſible pour deux tiers de jour. Or pour diviſer un cercle en 346 parties égales & deux tiers, réduiſez le tout en tiers qui font en cet exemple 1040 tiers; cherchez enſuite le plus grand nombre multiple de 3, qui ſe puiſſe facilement diviſer par moitié & qui ſoit contenu en 1040. Ce nombre ſe trouvera dans une progreſſion géométrique double, dont le premier & moindre terme ſoit 3, comme par exemple, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768.

Le 9me nombre de cette progreſſion eſt celui qu'on cherche. Il faut donc ſouſtraire 768 de 1040, reſtera 272, & chercher combien ce nombre reſtant fait de degrez, minutes & ſecondes par la regle de 3, en diſant:

1040 tiers, 360 degrez 272 tiers, 94 degrez 9 minutes 23 ſecondes.

C'eſt pourquoi retranchez dudit cercle un angle de 94 degrez 9 minutes 23 ſecondes, & diviſez le reſte du cercle toujours par moitié, après avoir fait huit ſubdiviſions vous parviendrez au nombre 3, qui ſera l'arc d'un jour, par lequel diviſant auſſi l'arc de 94 degrez 9 minutes 23 ſecondes, tout le cercle ſe trouvera diviſé en 346 jours & 2 tiers; car il y aura 256 jours dans le plus grand arc, & 90 jours 2 tiers dans l'autre. Chacun de ces eſpaces répond à 1 degré 2 minutes & 18 ſecondes, comme on voit en diviſant 360, par 346, 2 tiers, & 10 jours, répondent à 10 degrez 23 minutes; & par ce moyen on pourroit faire une table qui ſerviroit à diviſer cette platine.

Ces jours ſeront enſuite diſtribuez à chacun des mois de l'année, ſuivant le nombre qui leur convient, en commençant par le mois de Mars, & continuant juſqu'à la 15me heure du 10 de Février, qui répond au commencement de Mars, & le reſte dudit mois de Février paſſe au-delà & par deſſus.

Le cercle de la ſeconde platine doit être diviſé en 179 parties égales; pour cet effet cherchez le plus grand nombre qui ſe puiſſe toujours diviſer par moitié juſqu'à l'unité, & qui ſoit contenu en 179; vous trouverez 128, lequel ôté de 179, reſte 51. Cherchez quelle partie de la circonference du cercle fait ledit reſte par la regle de 3, en diſant 179 part. 360 degrez 51 part. 102 degrez 34 minutes 11 ſecondes.

C'eſt pourquoi ayant retranché du cercle un arc de 102 degrez 34 minutes 11 ſecondes, diviſez le reſte dudit cercle toujours par moitié, & après avoir fait 7 ſubdiviſions vous parviendrez à l'unité; ainſi cette partie de ce cercle ſera diviſée en 128 parties égales; & puis avec la même derniere ouverture de compas vous diviſerez l'arc reſtant en 51 parties, & tout le cercle

se trouvera divisé en 179 parties égales, dont chacune répond à 2 degrez & 40 secondes, comme il est aisé de voir en divisant 360 degrez, par 179; & c'est un second moyen pour diviser ladite platine.

Enfin, pour diviser le cercle de la platine superieure, prenez le quart de sa circonference, & y ajoutez une des 179 parties ou divisions du bord de la platine du milieu; le compas ouvert du quart ainsi augmenté, ayant tourné 4 fois, divisera ledit cercle de la maniere qu'il doit être; car en subdivisant chacun desdits quarts en 3 parties égales, on aura 12 espaces pour les 12 mois lunaires, de telle sorte que la fin du douziéme mois, qui fait le commencement de la seconde année lunaire, surpasse la premiere nouvelle lune de 4 des 179 divisions marquées sur la platine du milieu.

Usage de cette machine.

UNe année lunaire étant proposée, trouver les jours de l'année solaire qui lui répondent, dans lesquels doivent arriver les nouvelles & pleines lunes & les éclipses.

Soit proposée, par exemple, la vingt-quatriéme année lunaire de la table des époques, qui répond à la division de la platine du milieu marquée (24.) Arrêtez la ligne de foi de l'index à la platine superieure sur la division marquée 24, en la platine du milieu où est le commencement de la vingt-cinquiéme année lunaire. Et voyant par la table des époques que ce commencement tombe sur le 14me jour de Juin de l'année 1703, à 9 heures 52 minutes tournez ensemble les deux platines superieures en cet état, jusqu'à ce que la ligne de foi de l'index attaché à la platine superieure convienne avec la dixiéme heure ou environ du 14me Juin, marquée sur la platine inférieure, auquel tems arrive la premiere nouvelle lune de l'année lunaire proposée, car la ligne de foi de l'index passe par le milieu de l'ouverture de la premiere nouvelle lune de ladite année lunaire.

Ensuite, sans changer la situation des trois platines, étendez depuis le centre de l'instrument un fil où la regle mobile la faisant passer par le milieu de l'ouverture de la premiere pleine lune, la ligne de foi de cette regle répondra au commencement du 29me jour dudit mois de Juin à 4 heures un quart, qui est le tems de cette pleine lune, laquelle sera totalement éclipsée, comme il paroît par la couleur rouge qui remplit toute l'ouverture de cette pleine lune.

Nous connoîtrons par un semblable moyen qu'à la nouvelle lune qui doit arriver environ les trois heures du matin du 14me Juillet, il y aura une éclipse partiale de soleil.

Si l'on poursuit plus avant, on remarquera les éclipses qui doivent arriver pendant le mois de Decembre de la même année 1703, & vers le commencement de l'année suivante. Mais comme la dixiéme nouvelle lune passe au-delà du 28me jour de Février, ayant conduit l'alidade jusqu'audit jour 28me Février, faites retrograder les deux platines superieures conjointement avec l'alidade, en l'état où elles se trouvent, jusqu'à ce que la ligne de foi se rencontre sur le commencement de Mars, par où nous avons commencé la division de l'année; d'où conduisant la regle par toutes les ouvertures des nouvelles & pleines lunes, vous connoîtrez sur la derniere platine les tems qu'elles doivent arriver.

Mais comme la treiziéme nouvelle lune est la premiere de l'année lunaire suivante, laquelle répond au nombre 25 des divisions de la platine du milieu, on laissera les deux platines inférieures en l'état où elles se trouvent, & on avancera celle de dessus jusqu'à ce que la ligne de foi de son index convienne avec le nombre 25 de la platine du milieu, auquel point elle marquera sur la derniere & plus grande platine le jour de la premiere nouvelle lune de la 26me année lunaire, selon l'ordre de notre époque, laquelle arrivera le second jour de Juin, 18 heures 40 minutes de l'an 1704, & ensuite conduisant la regle mobile sur le milieu des ouvertures des nouvelles & pleines lunes, elle marquera sur la derniere platine les jours qu'elles doivent arriver aussi-bien que les éclipses jusqu'à la fin de Février, après quoi il faudra faire le même que pour l'année precedente, c'est-à-dire, qu'après être parvenu à la fin de Février, il faudra retrograder jusqu'au premier jour de Mars.

On pourroit ainsi trouver les commencemens de toutes les années lunaires sans se servir de la table des époques; mais d'autant qu'il n'est pas possible d'ajuster si exactement les platines & l'alidade les unes sur les autres qu'il ne se glisse quelque erreur, qui s'augmenteroit d'année en année, ladite table des époques servira pour rectifier l'usage de cette machine.

En posant la ligne de foi de la regle mobile sur l'âge de la lune, entre les jours des mois lunaires marquez sur le bord de la platine superieure, on verra les jours des mois communs correspondans, & à peu près les heures, sur le bord de la platine inférieure.

Il est à remarquer que les calculs de la table des époques sont faits pour les tems moyens des nouvelles lunes, qui supposent les mouvemens du soleil & de la lune toujours égaux ; c'est pourquoi il se trouve quelque difference d'avec les tems apparens des nouvelles & pleines lunes & des éclipses telles que nous les voyons de la terre, comme elles sont marquées dans les éphemerides.

Les mouvemens propres du soleil & de la lune, aussi-bien que ceux des autres planetes nous paroissent tantôt plus vîtes, & tantôt plus lents : Cette inégalité apparente vient en partie de ce que leurs orbites ne sont pas concentriques à la terre, & en partie de ce que les arcs égaux de l'écliptique qui est oblique à l'équateur, ne passent pas toujours par le meridien avec des parties égales de l'équateur. Les astronomes, pour la facilité de leurs calculs ont imaginé un mouvement qu'ils appellent moyen ou égal, supposans que les planetes décrivent en des tems égaux, des arcs égaux de leurs orbites. Le tems qu'ils appellent vrai ou apparent est la mesure du mouvement vrai ou apparent, & le tems moyen est la mesure du moyen mouvement. Ils ont aussi inventé des regles pour réduire les tems moyens en tems vrais ou apparens, (ces deux mots signifians en cette occasion la même chose,) & au contraire pour réduire les tems vrais ou apparens en tems moyens.

Pour trouver par le calcul si une nouvelle ou pleine lune sera écliptique.

POur les nouvelles lunes, multipliez par 7361 le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, suivant le calendrier grégorien, jusqu'à celui qu'on examine ; ajoutez au

produit le nombre 33890, & divisez la somme par 43200, après la division, sans avoir égard au quotien, examinez le reste, ou la difference entre le diviseur & le reste, car si l'un ou l'autre est moindre que le nombre 4060, il y aura éclipse de soleil.

Mais s'il s'agit d'une pleine lune, multipliez semblablement par 7361, le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, jusqu'à la nouvelle lune qui a precedé la pleine lune qu'on examine ; ajoutez au produit 37326, & divisez la somme par 43200; la division étant faite si le reste ou la difference entre le reste & le diviseur est moindre que le nombre 2800, il y aura éclipse de lune.

L'éclipse de soleil ou de lune sera d'autant plus grande que le reste, ou la difference sera petite ; & au contraire.

Exemple d'une nouvelle lune.

ON demande si la nouvelle lune du 22 Mai de l'année 1705, a été écliptique.

Depuis le 8 Janvier 1701, jusqu'au 22 Mai 1705, il y a 54 lunaisons accomplies. Multipliez, selon la regle, ce nombre 54, par 7361, & au produit ajoutez 33890; la somme étant divisée par 43200, restera 42584, qui est plus grand que 4060, & la difference entre le reste 42584, & le diviseur 43200 est 616, laquelle est moindre que 4060; c'est pourquoi il y aura éclipse de soleil.

Exemple d'une pleine lune.

S'Il est question de la pleine lune du 27 d'Avril de l'année 1706, nous trouvons 65 lunaisons accomplies depuis la nouvelle lune du 8 Janvier 1701, jusqu'à celle qui a precedé la pleine lune en question ; c'est pourquoi ayant multiplié, selon la regle, ledit nombre 65 par 7361, & ajouté au produit 37326, la somme sera 515791, laquelle étant divisée par 43200, sans avoir égard au quotien, le reste sera 40591, plus grand que 2800. La difference entre le diviseur & ce reste est 609, qui est moindre que 2800 ; c'est pourquoi il y a eu éclipse de lune ledit jour 27 Avril 1706.

J'ai divisé & fait graver des planches d'une bonne grandeur, pour monter cet instrument en cartons. J'ai fait aussi imprimer séparément un petit livre pour expliquer son usage.

Les spheres des differens systêmes & les globes celestes sont aussi des instrumens qui servent à l'astronomie, aussi-bien que les astrolabes. Nous n'en disons rien ici, en ayant suffisamment parlé dans deux traitez séparez, qui expliquent assez bien leurs constructions & leurs usages.

Celui des globes & spheres sera réimprimé l'anné prochaine pour la cinquiéme édition, avec quelques augmentations qui feront plaisir.

J'ai fait graver depuis peu des spheres suivant les differens systêmes, & des globes qui sont d'une grande beauté & faites avec toute la justesse possible ; comme aussi un planisphere celeste d'une grandeur convenable & très-commode pour connoître à tout moment l'état du ciel, dont la construction & les usages sont expliquez dans un petit traité que j'ai fait aussi imprimer dans le même tems.

Les principaux instrumens qu'un astronome doit avoir après un bon quart de cercle, est une pendule à secondes, une lunete de 7 à 8 pieds où un micrometre soit ajusté pour observer & mesurer le diametre des astres, une lunete ou telescope de 15 ou 16 pieds pour observer les immersions & les émersions des satellites de jupiter, une de 20 à 25 pieds pour voir le premier satellite de saturne, & une de 35 à 40 pieds pour observer le deuxiéme, troisiéme & quatrieme satellites; & enfin une machine parallactique.

CHAPITRE VI.

Description d'une pendule à grandes vibrations, à secondes, à roue de rencontre, à poids & à contre-poids, allant 30 heures.

LA premiere figure fait voir la construction interieure de cette pendule. Les deux platines marquées AA, BB qui sont de laiton, ont environ 6 à 8 pouces de long sur 3 ou 4 de large. Celle marquée AA, se nomme la platine de devant ou des pilliers, & celle marquée BB, platine de derriere, quand il s'agit de pendule: & platines de dessus & de dessous quand il s'agit de montres. Elles sont éloignées l'une de l'autre d'environ 18 lignes, par le moyen de quatre pilliers de fonte qui sont rivez aux quatre coins de la platine de devant, sur les pivots desquels la platine de derriere entre, & y est retenue par le moyen d'une goupille qui passe autravers d'un trou fait dans le pivot de chaque pillier. Ces deux platines avec les quatre pilliers sont ce que l'on appelle la cage. Dans l'entredeux de ces platines se posent les quatre roues suivantes.

XXI. Planche. Fig. 1.

La premiere qui est marquée CC, est la plus grande de toutes; aussi se nomme-t-elle la grande roue. Elle a 80 dents, son axe est d'acier trempé ainsi que tous les autres, & elle y est attachée par le moyen d'une assiette de laiton soudée & tournée sur l'axe sur laquelle elle est rivée. Sur un des bouts de cet axe est attachée une poulie de laiton qui a 5, 7 ou 9 pointes d'acier, marquées DD, enfoncées dessus afin d'empecher le cordon qui y passe, & auquel les poids sont suspendus, de glisser. Cet axe a deux pivots qui entrent dans deux trous faits aux deux platines, sur lesquels la roue tourne & se meut librement, ainsi que toutes les autres roues.

La seconde roue marquée F est plus petite de diametre que la précedente: elle se nomme roue moyenne, ou seconde roue. Elle a 48 dents & est attachée de même que la grande, sur un axe ou tige d'acier qui porte un pignon marqué E, de la même piece, qui a huit ailes, dans lequel pignon engréne la roue CC.

La troisiéme roue marquée H, est encore plus petite de diametre que la précedente: elle a pareillement 48 dents, & porte de même sur la tige un pignon de huit ailes marqué G, dans lequel engrene la roue F. Cette troisiéme roue H, n'a pas la même forme que la précedente; sa figure est en forme de couronne: elle est nommée en termes de l'art, *roue de champ*.

La quatriéme de ces roues marquées K, est encore plus petite de diametre que la précedente. Elle a 15 dents, mais ces dents ne sont point faites comme les autres; elles sont presque pareilles aux dents d'une scie. Cette roue

eſt de même attachée ſur un axe qui porte un pignon de raport * marqué I, qui a 24 ailes, dans lequel engrene la roue H. Cette quatriéme roue K, qui a la même forme que la précedente, eſt nommée roue de rencontre. Sa poſition dans la cage eſt différente de celle des autres : elle eſt horiſontale, & eſt tenue de la même maniere que nous allons expliquer. N & Q eſt une piece de laiton qu'on nomme la potence qui tient à la platine de derriere, ſur laquelle elle eſt rivée. Q eſt ce qu'on appelle le nez, & N le talon ; ſur le nez de la potence eſt percé un petit trou dans lequel entre un des pivots de la tige de la roue de rencontre, & l'autre pivot entre dans un trou percé dans une piece de laiton marqué O. Cette piece ſe nomme la contre-potence & tient ſur la platine de derriere par le moyen de la vis marquée *c*.

P eſt une autre piece de laiton qu'on nomme le coq, tenue ſur la platine par le moyen de deux vis, dont on en voit une marquée *i*. L'endroit marqué P, eſt ce que l'on nomme le nez du coq. M eſt ce que l'on apelle la verge du balancier, & L L ſes palettes. Ces palettes doivent faire ſur la verge un angle de 80 à 90 degrez, & leur longueur doit être à peu près comme une dent de la roue de rencontre. Cette verge qui eſt d'acier, paſſe au travers de la platine qui en cet endroit eſt percée d'un grand trou, & du nez de la potence qui eſt auſſi percé pour cet effet, & ſes deux pivots entrent l'un dans un trou percé dans le talon de la potence N, & l'autre dans le nez du coq P. Au bout de cette verge eſt ſoudée une petite aſſiette de laiton ſur laquelle eſt rivée la fourchette S.

Cette fourchette eſt courbée comme on le voit, en ſa partie inferieure, & percée dans ſon milieu pour laiſſer paſſer la verge du pendule V, au bas duquel eſt la lentille X.

T ſont deux lames de laiton, dont on n'en voit ici qu'une, qui par leurs figures ſont nommées cycloïdes. Cette cycloïde eſt attachée au coq, par le moyen de la vis marquée *k*, & à ſon haut eſt ſuſpendu le pendule, de la maniere qu'on le voit par la figure 2, qui repreſente auſſi la figure des deux lames de la cycloïde, dont on parlera par la ſuite.

Il eſt facile de voir de quelle maniere ce mouvement de pendule ſe meut, par la force des roues, qui ſont tirées par le poids. Le pendule V X, étant une fois mis en branle, ſon mouvement en eſt continué par le poids, dont le cordon tirant la poulie ſur lequel il eſt, fait mouvoir la roue C C, qui engrenant dans le pignon E, fait mouvoir la roue F, qui communique ſon mouvement à la roue H, par le moyen du pignon G, dans lequel elle engrene. La roue H, communique ſon mouvement au pignon I, qui fait mouvoir la roue K, dont les dents rencontrant alternativement les palettes L L, font mouvoir la fourchette S, qui entretient ainſi en mouvement continuel le pendule V X.

Il n'eſt pas difficile de remarquer, que ce mouvement doit être fort égal ; car la proprieté du poids, étant de tirer toujours avec la même force, les dents de la roue de rencontre, rencontreront en des tems égaux, les palettes L L, qui par le moyen de la fourchette S, feront faire (aidées de la cyloïde) des vibrations égales au pendule, tant que ſa longueur ne changera

---

* Un pignon de raport, eſt un pignon qui n'étant pas de la même piece que ſon axe y eſt rivé à peu près comme les roues.

point; ainſi les heures, les minutes & les ſecondes, ſeront marquées reglement, par le moyen des roues ci-après nommées.

Y Y Y eſt la plaque du cadran ou de la boète, qui eſt ordinairement de laiton. Sur cette plaque, ſe rivent quatre petits pieds, auſſi de laiton, dont l'on en voit un marqué Z, & ſur les pivots deſquels la platine de devant marquée A A entre en la même maniere, que la platine de derriere entre ſur celle de devant. Ces pieds qui ont environ 5 à 6 lignes de hauteur, ſervent à tenir dans cette diſtance, la platine de devant d'avec la plaque, qu'on fait tenir à la boète, par le moyen de quatre tourniquets.

Le pivot de l'arbre R, de la roue C C, paſſe au travers de cette plaque, & ſert de centre *a*, pour tracer le cercle des heures, ou cadran (diviſé en 12 parties égales) qu'on attache ſur la plaque, avec quatre vis. Le bord exterieur de ce cadran, eſt diviſé en 60 autres parties égales, qui ſont les minutes, & ſont marquées par une éguille, de la maniere que nous allons dire.

Sur le pivot de l'arbre R, s'ajuſte un canon de laiton *ge*, ſur lequel eſt rivé la roue *b*, qu'on nomme la roue des minutes. Ce canon eſt ajuſté de maniere, que l'arbre R, le fait tourner avec lui; mais cependant, on le fait tourner ſeul ſi l'on veut, lorſqu'il en eſt beſoin.

Cette roue a 30 dents, & engrenne dans une autre marquée N, de pareil nombre de dents, & de même diametre, qu'on appelle la roue de renvoy. Cette derniere roue eſt rivée ſur un pignon, marqué *h*, qui a ſix ailes, & eſt ſoutenu par ſes deux pivots, dont l'un entre dans un trou percé dans la platine A A, & l'autre dans un trou percé dans le tenon *d*, qui eſt attaché ſur la platine A A, par le moyen de la vis marqué *m*.

Sur le canon de la roue des minutes, entre & tourne très-librement, un autre canon de laiton marqué *rſ*, ſur lequel eſt rivé la roue *f*, qu'on nomme la roue de cadran: elle a 72 dents, qui engrennent dans le pignon *h*, de la roue de renvoi marquée *n*.

Sur ce canon de la roue de cadran, s'ajuſte l'éguille des heures, ſur lequel elle eſt portée; & l'éguille des minutes eſt menée, par le canon *ge*, de la roue *b*, qui étant plus long que celui de la roue de cadran, porte ladite éguille, ſur lequel elle entre quarrement; & ces deux éguilles ſont retenues par le moyen d'une goute de ſuif d'acier ou de laiton, appliquée deſſus, & d'une goupille qui entre dans un trou, percé dans le bout de l'arbre R. C'eſt de cette maniere que s'ajuſtent & tournent les éguilles des heures & des minutes; voyons à preſent celle des ſecondes.

Le pivot du pignon G, de la roue de champ marquée H, paſſant au travers de la platine A A, va & s'étend juſqu'à la plaque Y Y Y, qui en cet endroit eſt percée. Ce pivot ſert de centre à un autre cadran, diviſé en 60 parties égales, qu'on place dans l'interieur du cadran des heures, ſur la plaque de la boète, & auquel on donne le plus grand diametre que l'on peut. Sur ce pivot, s'ajuſte un canon de laiton, ſur lequel eſt rivé une petite éguille, qui étant entraînée par le mouvement de la roue de champ H, marque ſur ce cadran les ſecondes.

Ce canon eſt ajuſté ſur ce pivot, de la même maniere que celui de la roue des minutes l'eſt ſur l'arbre de la grande roue; c'eſt-à-dire, que cette petite éguille marche avec la roue de champ; mais que cependant, on la peut tourner ſeule ſi l'on veut, & quand il en eſt beſoin. Voilà en quoi

consiste toute la mecanique de cette pendule, de laquelle après avoir donné la description, il n'est pas hors de propos, de dire un mot, de la revolution des roues; c'est-à-dire du nombre de tours qu'elles font par heure, & de la longueur que doit être le pendule, pour battre une seconde, à chaque vibration.

La roue CC, qui comme nous avons dit porte l'éguille des minutes, sur le bout de son axe, doit par conséquent employer une heure de tems à faire son tour. Ayant 80 dents, & engrennant dans le pignon E de 8 ailes, la roue F, qui est attaché sur ce pignon, doit necessairement faire 10 tours contre un de la roue CC, parce qu'en 80 il y a 10 fois 8.

Cette roue F, a 48 dents, qui engrennent dans le pignon G, de 8 ailes, qui porte la roue H: divisez 48 par 8, vous aurez 6 pour quotient; multipliez apresent 6 par 10, qui sont les tours de cette seconde roue F, en une heure, vous aurez 60 tours de la roue H, pour une seule revolution de la roue CC.

La roue H, a 48 dents, & le pignon I, dans lequel elle engrene 24. Ce pignon I, porte la roue K, sur l'axe duquel elle est attachée, & cette roue fait par consequent deux tours, pour un de la roue H. Multipliez apresent 60 par 2, vous trouverez 120 tours que fait la roue K, contre 60 de la roue H, & 10 de la roue F, & contre un de la roue CC, & le tout en une heure de tems.

Cette derniere roue H, a 15 dents, qui font mouvoir, ou échapper pour parler plus correctement, les deux palettes LL, de la verge du balancier M. Ce balancier fait vibrer le pendule VX par le moyen de la fourchette S, & lui fait faire 30 vibrations, en un tour de la roue K, parce que les deux palettes rencontrant alternativement les dents de cette roue, battent par consequent le double de ce que la roue a de dents. Or multipliez apresent 30 par 120, qui sont les tours que la roue K, fait en une heure, vous trouverez 3600 vibrations du pendule, pendant une seule revolution de la roue CC, qui est d'une heure de tems juste. Si vous voulez savoir ensuite combien il y a de secondes en une heure; l'on sait qu'il y a 60 minutes à l'heure, & 60 secondes à la minute; multipliez 60 par 60, il vous viendra pareillement 3600. Ainsi si vous faites votre pendule de la longueur qu'il doit être, pour batre les secondes qui est de 36 pouces 8 lignes & demie, qui est la longueur determinée à le prendre du point de suspension au-dessus de T, qui est le commencement de la courbure des deux lames, qui font la cycloïde jusqu'au centre X, vous aurez un pendule qui par ses vibrations marquera une seconde de tems ou d'heure fort juste. Je remarquerai ici deux choses en passant. La premiere: c'est que nous avons quelques personnes qui determinent la longueur du pendule, pour battre une seconde de tems à 36 pouces 8 lignes deux tiers, au lieu de 8 lignes & demie, comme j'ai dit ci-devant. Et la seconde: c'est que l'on a remarqué, que plus on approchoit de l'équateur & plus les vibrations du pendule étoient lents; par consequent qu'il le falloit plus court pour battre les secondes, ce qui est tout le contraire lorsqu'on approche des poles.

Avant de parler des revolutions des roues qui menent les éguilles des heures, des minutes & des secondes, il est à propos de dire quelque chose de la forme de la lentille du pendule, & de sa pesanteur.

Cette lentille se fait apresent de deux ou trois figures differentes, les uns

la

la font ronde & convexe, comme vous le voyez dans la figure premiere en X; les autres lui donnent celle d'un cylindre, & quelqu'autres la figure d'un anchre, dont les extremitez sont pointues, comme le represente la figure troisiéme. Chacune de ces differentes figures a ses partisans, ce que je n'entreprendrai point de décider; cela appartient aux personnes de l'art, qui par la pratique qu'ils ont jugent plus sainement que tous autres quelle figure est la meilleure, pour la regularité des uns & des autres de ces pendules. Je dirai cependant que la figure ronde est celle dont on se sert plus volontiers sur terre, & que sur mer on donne la préference à celle qui a la figure d'un anchre, comme divisant mieux l'air, & étant plus propre à vaincre sa resistance.

Cette lentille se fait de cuivre ou de laiton, & est creuse par dedans. On la remplit ordinairement de plomb, afin de lui donner sous le moindre volume qu'il est possible, la pesanteur de deux ou trois livres. Ce poids sert encore beaucoup à la regularité de ce pendule; car plus il est lourd & plus ses vibrations sont justes, resistant mieux aux differentes temperatures de l'air.

Nous avons déja dit que la roue CC, faisoit son tour en une heure. La roue des minutes marquée *b*, qu'elle porte sur son axe R, & sur le canon de laquelle est portée l'éguille des minutes, fait par conséquent & également son tour avec elle.

Cette roue marquée *b*, a 30 dents qui engrennent dans la roue de renvoi marquée *n*. Cette roue de renvoi a pareillement 30 dents, ce qui fait que ses tours correspondent à ceux de la roue des minutes & qu'elles font autant de tours l'une que l'autre.

Cette roue de renvoi a un pignon de 6 ailes marqué *h*, ce pignon engrenne dans la roue de cadran marquée *f*, qui a 72 dents : c'est sur le canon de cette roue de cadran, qu'est portée l'éguille des heures, que l'on fait ne devoir faire qu'un tour en 12 heures. Divisez à present 72 par 6 vous aurez pour quotient 12. Ainsi il est aisé de voir que la roue de cadran faisant son tour en 12 heures en fera faire 12 au pignon de la roue de renvoi qui communique ce même nombre de tours à la roue des minutes; par consequent ces revolutions de tours conviennent avec le nombre de ceux que doit faire chaque éguille; savoir celle des heures un tour en 12 heures, & celle des minutes 12 tours pour les 12 heures, ou un tour par chaque heure. Voyons à present l'éguille des secondes.

On doit se ressouvenir qu'elle est portée, par le moyen du canon sur lequel elle est rivée, sur le bout du pivot de la roue de champ marquée H, & que cette roue fait 60 tours par heure : or y ayant 60 minutes à l'heure, il est évident, que la revolution de cette roue ou de cette éguille autour de son cadran est d'une minute d'heure; aussi son cadran est il divisé en 60 parties, dont chaque partie fait une seconde, & les 60 secondes la minute d'heure.

Il nous reste encore à parler, de la pesanteur des poids *bg*, representez en la troisiéme figure qui sont de cuivre; & de quelle maniere ils doivent être suspendus, pour pouvoir être remontez sans que pour cela les roues ni les éguilles cessent de marcher. Il faut en premier lieu avoir un cordon de soie, car ils valent mieux que ceux de fil, étant plus maniables & se deffilant moins. Fig. 3.

Ce cordon doit avoir une longueur proportionnée à la hauteur où l'on veut placer la pendule ; il faut passer dans ce cordon deux poulies de cuivre bien roulantes sur leurs pivots *c f*, ce qui est de consequence à observer ; ensuite on coud les deux bouts de ce cordon ensemble, de maniere qu'il soit toujours flexible en cet endroit, & que sa grosseur n'en soit pas augmenté. Il faut aussi que la grosseur du cordon, convienne avec toutes les poulies sur lesquelles il passe. Etant ainsi cousu avec ses deux poulies *c f*, passées dedans, on le passe en premier lieu dans la poulie qui est attachée sur l'axe R de la roue C C, ce qui se fait quand on remonte le mouvement de la pendule, avant de remettre la platine de derriere, & ensuite on repasse l'autre bout sur la poulie marquée *d*, qui est attachée au bas de la boète de la pendule, ainsi que le represente la figure troisiéme, en observant de laisser une poulie de chaque côte du cordon.

Cette poulie *d*, est faite comme celle de l'axe R, ayant de même environ un pouce de diametre, & 5, 7 ou 9 pointes d'acier, pour retenir le cordon & empêcher que les poids ne le fassent glisser sur cette poulie, qui roule sur un pivot d'acier, & qui a sur sa platine de derriere un rochet de laiton qui est rivé dessus ; un cliquet d'acier tenu par une vis, sur lequel il se meut librement, & un ressort de cliquet, aussi d'acier trempé, tenu de même par une vis avec un petit pied sur sa queue, pour empêcher qu'il ne change de place, & afin que son bout porte toujours sur le cliquet, & le fasse entrer dans la dent du rochet quand on remonte le poids.

Au bas de la poulie *f*, s'acroche le plus gros poids *g*, dont la pesanteur n'est point déterminée : moins il sera pesant, & mieux ce sera ; il suffit qu'il le soit assez, pour faire continuer au pendule ses vibrations lorsqu'on l'a une fois mis en branle. Ce poids est creux en dedans, afin de le rendre plus lourd & de le pouvoir charger & decharger à volonté.

Au bas de la poulie *c*, s'acroche le plus petit poids *b*, dont la pesanteur doit être seulement, pour pouvoir tenir le cordon *e* en état. Ainsi ce poids est tout de cuivre sans plomb, & ne pese qu'environ une livre.

Voilà de quelle maniere s'attachent les deux poids *b g*, & se passe le cordon *e* sur les poulies D D, figure premiere, & *d c f*, figure troisiéme.

Il est facile de voir à present qu'en tirant le poids *b*, le mouvement des roues, des éguilles & du pendule ne sera point interrompu, parce que le poids *g*, tire toujours de la moitié de sa pesanteur la poulie D D, & par consequent continue le mouvement de la roue C C, qui communique le sien par le moyen des autres roues, aux éguilles & au pendule.

Il n'est je croi pas necessaire de dire, que la boète doit être percée par dessous pour y pouvoir passer le pendule, & lui donner moyen de faire ses vibrations : cela se voit aisement.

La pendule étant ainsi toute finie, il n'est plus question que de la poser, dans l'endroit où l'on veut qu'elle reste pour s'en servir utilement, ce qui demande plus de precaution qu'on ne pense. Autant comme on le peut, il faut que la boète soit de niveau ; mais ce n'est pas en cela seul que consiste la délicatesse, car si la fourchette n'étoit pas ajustée de maniere qu'elle fût bien dans le milieu de l'arc de cercle qu'elle decrit, lorsque les palettes échappent, ou bien si le mouvement n'étoit pas posé de niveau dans sa boète, il ne serviroit de rien qu'elle fût placée bien droite. Ainsi c'est au pendule seul où il faut avoir toute l'attention possible, & observer

que lorſqu'il eſt en repos dans ſa ligne de direction, il ne decrive pas un plus grand arc de cercle d'un côté que de l'autre lorſqu'on entend le balancier échapper ; car autrement le pendule ſeroit ſujet à s'arrêter, quand même le mouvement ſeroit fait avec toutes les precautions requiſes, & dans le detail deſquelles nous n'entrons point étant le fait des perſonnes de l'art.

Etant ainſi poſée, il ne reſte plus avant de s'en pouvoir ſervir qu'à la regler, ce qu'on doit faire ſur le ſoleil, ayant égard aux équations, ou ſur les étoiles fixes, ayant égard à leur acceleration. Ceux qui ont beſoin de la regularité de ces pendules, ayant ſans doute des principes d'aſtronomie ſavent ce que c'eſt que les équations du ſoleil & l'acceleration des étoiles fixes. Ainſi je n'en dirai rien ici, cela me meneroit trop loin ; & d'autant plus qu'on donne au public tous les ans par ordre de Meſſieurs de l'Academie des tables calculées, pour regler ces pendules par ces moyens.

Il ſuffit ſeulement de ſavoir qu'audeſſus de la lentille du pendule X, il y en a une autre plus petite marquée *l*, qui gliſſe facilement le long de la verge V, où on la retient par le moyen de la vis marquée *o*. Lorſque la pendule retarde, on leve plus haut cette petite lentille ; & lorſqu'elle avance, on l'abaiſſe.

Il ne nous reſte plus maintenant qu'à parler de la forme ou figure, que doivent avoir les dents des roues & les ailes des pignons & du calibre du mouvement de ces pendules ; c'eſt-à-dire de tracer ſur la platine, la place & le diametre de chaque roue : c'eſt ce que nous allons dire en peu de mots, afin de ſatisfaire quelques perſonnes qui nous en ont requis.

La figure & proportion de la denture en general, eſt ce qui ne ſe peut guere decrire ; parce que c'eſt non-ſeulement ſa groſſeur qui en decide, mais encore l'effet à quoi eſt deſtiné la roue & la maniere dont elle engrenne avec ſon pignon ; ce qui fait que je n'en parlerai qu'en termes vagues & generaux.

Elle ne doit point être trop longue, ce qui la rendroit ſujette à ſe fauſſer : elle ſeroit en ce cas ce qu'on appelle des dents de peigne. Elle ne doit point être non-plus en molette d'éperon, c'eſt-à-dire trop pointue ; mais elle doit être droite, fort égale & un peu plus vuide que pleine : le fond des entre-deux doit être bien quarré & les dents arondies à peu près comme celles de la portion de roue A, figure cinquiéme.

Il en eſt à peu près de même des ailes des pignons : on obſerve ſeulement de les faire un peu plus rondeletes vers le bout comme on le peut voir au pignon B, de la même figure.

Voilà en general ce qui concerne les pignons & les roues ordinaires.

Quant à la figure des dents de la roue de rencontre elle eſt differente, ainſi qu'on le voit dans la figure premiere.

Elle doit être droite par devant, & un peu creuſée dans le milieu par le derriere, afin que la palette ſe dégage mieux en paſſant dedans. Ces dents ſont plus difficiles à former que les precedentes, parce qu'elles font auſſi un effet tout different. Il faut neceſſairement qu'elles ne ſoient pas plus longues l'une que l'autre, ni moins pointues ; & ſur tout qu'elles ſoient parfaitement égales, autrement la palette s'arêteroit ſur le bout des plus petites & ne pourroit paſſer, ce qui cauſeroit ſur le champ un arrêt au pendule,

qu'en termes de l'art on nomme *acrochement*, ce qui par consequent feroit arrêter tout le mouvement.

La grosseur des pignons ne merite pas moins d'attention que leur forme; car pour peu qu'ils sont trop gros ou trop menus, cela cause ordinairement un arrêt au mouvement, par l'acôtement qui se forme entre la dent de la roue & les ailes du pignon, & c'est à quoi il faut bien prendre garde; car quand même ce deffaut ne seroit pas suffisant pour causer un arrêt au mouvement, il lui causera toujours d'autres inconveniens assez considerables, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, parce que cela nous meneroit trop loin. Il n'est guere possible non plus de determiner cette grosseur. On sait en general qu'elle se prend du diametre de la roue, du nombre de ses dents & de celui des ailes du pignon : comme par exemple, un pignon de 8 ailes qui engrenne dans une roue de 80 dents, doit être environ dix fois moins gros que la roue n'est grande, parce que la proportion de 8 à 80 est dix.

Qu'un pignon de 8 qui engrenne dans une roue de 48, doit être de même environ six fois plus petit que la roue; parce que la proportion de 8 à 48 est de six, ainsi du reste pour toutes les autres roues & pignons. Mais si la roue mene le pignon, ou si c'est le pignon qui la mene; si son engrenage est droit, ou s'il est oblique, toutes ces differences qui se rencontrent dans toutes les machines changent aussi la grosseur ou diametre du pignon. Ainsi on ne peut donner ici que les regles generales ci-dessus marquées; autrement il faudroit entrer dans le détail de chaque roue & de chaque pignon, ce qui ne se peut aisement, sur tout quand on veut abreger matiere.

Voyons à present ce qui concerne le calibre, & la maniere de le tracer & percer.

Sur une platine de six pouces de long sur trois de large, tirez une ligne du haut en bas qui la partage en deux également. Sur cette ligne comme centre, tracez la grande roue à laquelle vous donnerez 32 lignes de diametre, en observant qu'elle n'approche pas plus près le bord d'enbas de la platine qu'elle fait les côtez, qui est deux lignes. A trois lignes ou environ de la premiere ligne tirée (n'importe que ce soit du côté droit ou gauche) & à une bonne ligne du bord de la grande roue comme centre, tracez la seconde roue à laquelle vous donnerez 14 lignes de diametre.

Et sur la premiere ligne tirée, & à une bonne ligne de distance du bord de votre seconde roue, tracez comme centre la roue de champ, à laquelle vous donnerez 18 lignes de diametre.

Ensuite marquez la place des pilliers, aux quatre coins de la platine, & pour mieux faire mettez en 6 au lieu en 4, les deux autres au milieu du côté de chaque bord de la platine; cela tient mieux la cage en état, & empêche les platines de voiler.

Cela étant ainsi marquée, percez les trous du centre de chacune de ces roues environ de la moitié plus menus qu'il ne les faut, pour les pivots de ces mêmes roues.

Ensuite tracez sur le derriere de cette platine les roues des minutes, de renvoi, & de quadran ou des heures en cette maniere.

Du centre de la grande roue tracez la roue des minutes, à laquelle vous donnerez environ 10 ou 11 lignes de diametre.

De la même ouverture de compas, tracez sur le milieu de la largeur de la platine, directement opposée à la premiere ligne tirée, & au-dessous de la roue des minutes, la roue de renvoi, de maniere qu'elle anticipe sur le bord de la roue des minutes, d'environ une ligne. Quant à la roue de quadran, il ne sera pas fort difficile d'en marquer le diametre, puisque son centre est le même que celui de la roue des minutes, & qu'elle engrenne dans le pignon de la roue de renvoi à une ligne ou environ près du centre de cette roue ; ce qui lui donne environ 17 lignes de diametre.

Le calibre étant ainsi tracé & percé sur la platine des pilliers, il n'est plus question que de le percer pareillement sur la platine de derriere, pour y parvenir, mettez la sur la platine de devant bien juste de longueur & largeur, & faites la tenir ainsi posée avec des tenailles à vis ; après quoi repercez avec les mêmes forêts, les trous que vous avez marquez sur la platine de devant, excepté celui du pivot de la roue de renvoi : ces trous ainsi percez, croisez-les l'un sur l'autre bien droits, afin que la cage étant aussi montée bien droite, les roues le soient dedans & puissent tourner très librement. Ensuite tracez sur la platine de derriere la grande roue, la seconde roue, & la roue de champ. Tracez-y aussi si vous voulez du centre de la grande roue, la poulie à laquelle vous donnerez depuis un pouce de diametre, jusqu'à un pouce & demi.

Quant à la roue de rencontre, vous la tracerez pareillement si vous voulez au haut de cette platine ; mais n'y percez point de trou, & lui donnez 14 lignes de diametre.

Ces quatre roues doivent être croisées, c'est-à-dire évidées par le milieu afin d'être moins pesantes. On les croise ordinairement en trois, & quelque fois en quatre, ce qui n'en est que mieux.

Quant à l'épaisseur de ces roues, la grande a environ une ligne & demie d'épaisseur, la seconde près d'une ligne, & la roue de champ & de rencontre une demi ligne. Le champ de ces deux dernieres doit avoir environ trois lignes de largeur. Les roues des minutes, de renvoi & du quadran, doivent avoir environ une demi-ligne d'épaisseur.

Voici en abregé ce qui concerne le calibre de ces pieces. La brieveté que nous nous sommes proposée, ne nous permet pas d'entrer dans un plus long détail.

L'usage de cette pendule pour l'astronomie est facile, ayant remarqué au cadran l'heure, la minute & la seconde. On compte ensuite les vibrations ou battemens du pendule, pour déterminer l'heure precise des observations ; mais il faut que la pendule soit bien reglée sur le mouvement des astres.

Je finis la description de la construction de cette pendule, par donner la maniere de faire la courbure des deux lames de cuivre nommées portion de cycloïde.

Decrivez le cercle A, F, B, K, figure quatriéme, dont le diametre A, B, soit égale à la moitié de la longueur du pendule. On prendra sur la circonference de ce cercle, les parties A C, C D, D E, E F, & A G, G H, H I, I K, égales entre elles, & on tirera les lignes C G, D H, E I, F K, d'une division à l'autre & elles seront paralleles. On fera la ligne L M, égale à l'arc A F, qu'on divisera en autant de parties que l'arc A F. On prendra

Fig. 4.

une de ces parties qu'on portera de C en N & de G en O, ſur la ligne C G; on prendra enſuite ſur la ligne L M, deux parties qu'on portera de D en P & de H en Q, ſur la ligne D H; on prendra encore trois parties ſur la ligne L M, qu'on portera ſur la ligne E I de E en R & de I en S; enfin on prendra quatre parties qui eſt toute la longueur de la ligne L M, qu'on portera ſur la ligne F K de F en T & de K en V, & ainſi des autres parties, ſi on avoit pris davantage de points ſur le cercle A F B K.

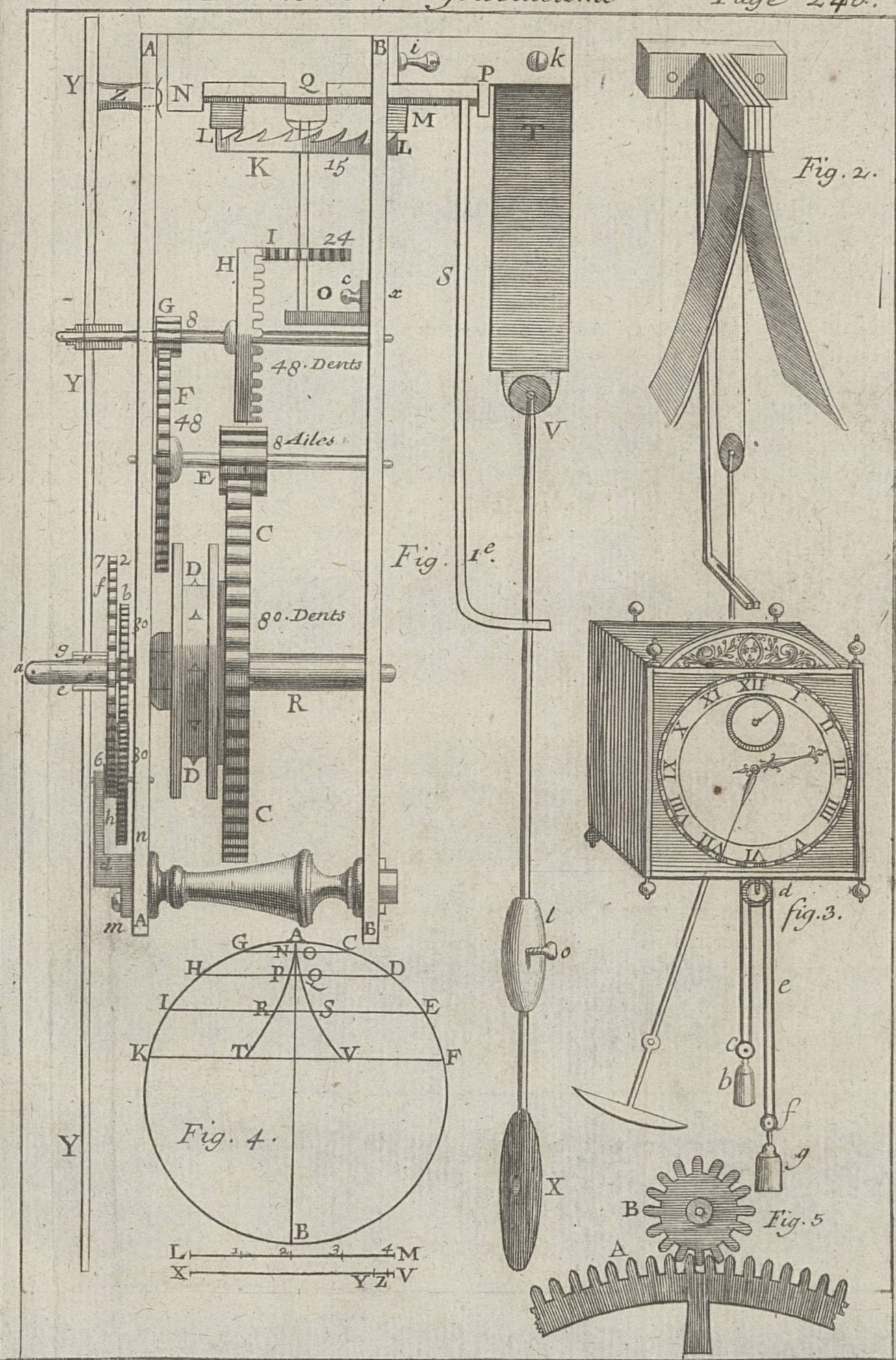
Par les points trouvez N, P, R, T, & O, Q, S, V, on tracera les lignes courbes AT, AV, qui formeront la figure de la cycloïde ſur leſquelles on formera les lames de cuivre qu'on veut avoir entre leſquelles on ſuſpend le pendule. Il ſuffit d'avoir une petite partie des arcs AT, AV, une plus grande partie ſeroit inutile le fil, la ſoie, le ruban, ou la lame de laiton ou d'acier dont on ſuſpend les pendules n'y pouvant atteindre.

Pour trouver la ligne L M, égale à l'arc A F, on prendra les deux demi-cordes de l'arc A F, qu'on portera de X en Y, ſur la ligne X V; on prendra enſuite toute la corde de l'arc A F, qu'on portera de X en Z; on diviſera la grandeur Y Z en trois, & on en prendra une partie qu'on portera de Z en V. Toute la ligne X V, ſera preſque égale à l'arc A F.

Nous donnerons dans une addition qu'on trouvera à la fin de ce volume, la deſcription de la pendule à rochet, & celle de quelques autres pieces d'horlogerie.

Fin du ſixiéme Livre.

Planche Vingtdeuxieme



DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A LA NAVIGATION.

LIVRE SEPTIE'ME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages de la boussole marine.

LA figure premiere represente une rose de boussole que les marins nomment aussi compas de route. Son bord extérieur represente l'horison du monde. Il se divise quelquefois en 360 degrez, & le plus souvent n'est divisé qu'en 32 parties égales comme celle-ci, pour les 32 airs de vent, dont les quatre principaux & qui se nomment vents cardinaux, se croisent à angles droits; savoir, le nord ou septentrion, lequel se distingue par une fleur-de-lis, le sud ou midi qui lui est opposé; l'est ou l'orient à droit; & l'ouest ou occident à gauche, quand on regarde le nord. Divisant ensuite chacun de ces espaces en deux parties égales, on a les huit rumbs de vent; divisant encore chaque espace en deux, on a les huit demi-rumbs; & enfin subdivisant chacune de ces huit parties en deux, on a les 16 quarts

XXIII. Planche. Fig. 1.

de vent. Les quatre rumbs collateraux empruntent leurs noms des quatre principaux, chacun prenant pour nom les deux noms de ceux qui leur sont plus proches; ainsi le rumb qui est au milieu entre le nord & l'est, s'appelle nord-est; celui qui est entre le sud & l'est, se nomme sud-est; celui qui est entre le sud & l'ouest, s'appelle sud-ouest; & celui qui est entre le nord & l'ouest se nomme nord-ouest.

Pareillement chacun des huit demi-rumbs de vent porte le nom des deux rumbs qui lui sont les plus proches; ainsi celui qui est entre le nord & le nord-est, s'appelle nord-nord-est; celui qui est entre l'est & le nord-est, se nomme est-nord-est; celui d'entre l'est & le sud-est, s'appelle est-sud-est; & ainsi des autres.

Enfin chacun des quarts de vents a son nom composé des rumbs ou demi-rumbs qui lui sont les plus proches, en ajoutant le mot de quart après le nom de rumb qui lui est le plus proche. Par exemple, le quart le plus proche du nord du côté du nord-est, se nomme nord-quart, nord-est; celui qui est plus proche du nord-est vers le nord, se nomme nord-est, quart-nord, & ainsi des autres, comme ils sont marquez en abregé autour de la rose.

Les noms des vents qui sont sur la rose n'ont pas les mêmes noms sur toutes les mers; sur la mediterranée, nord s'appelle *tramontane*, nord-est *græco*, est *levante*, sud-est *siroco*, sud *ostro*, sud-ouest *libecio*, ouest *ponente*, nord-ouest *maestro*, & leurs subdivisions prennent les noms des voisins comme sur notre rose.

Chaque quart de rumb contient 11 degrez 15 minutes, les demi-rumbs 22 degrez 30 minutes, & les rumbs entiers 45 degrez.

L'intérieur de cette rose, qui est supposée double, est pareillement divisé en 32 parties égales par autant de rayons qui marquent les mêmes vents, & son milieu qui est colé sur un carton, a un mouvement libre sur son pivot, pour s'en servir lorsqu'on a reconnu la déclinaison ou la variation de l'éguille aimantée. L'on remarquera que l'extérieur de cette rose se place sur le bord de la boète.

Fig. 2. La figure 2me represente une piece d'acier en lozange qui sert d'éguille aimantée, & que l'on attache sous la rose mobile avec deux petits clous. Il ne faut pas la coller, comme font quelques-uns, parce que cela cause une rouille qui est fort contraire à la vertu de l'aiman; un des bouts du grand diametre doit être précisément sous la fleur-de-lis, & doit être touché par une bonne pierre d'aiman; de sorte que ce bout-là se dirige vers le nord du monde. Nous avons expliqué la maniere de toucher les éguilles, en parlant des pierres d'aiman, & de la boussole.

On prétend que le carton qui est attaché sur la lozange s'affaisse quand une humidité continuelle se fait sentir, ce qui peut arrêter le mouvement libre de la rose. Pour éviter cet inconvenient, on pourra coller une feuille de talc ronde très-mince, à cause qu'il n'est pas si sujet à l'humidité que le carton, entre deux ronds de papier dont celui de dessus sera la rose, & à celui de dessous on y attachera l'éguille. On pourroit aussi plier un fil d'acier ou évider une plaque en figure circulaire qui auroit deux pointes diametralement opposées, & qui seroient posées comme l'éguille en lozange. En ce cas le carton étant également soutenu par tout, l'humidité ne le pourra faire voiler. La figure 1me fera connoître ce qui vient d'être dit.

La petite piece qui est au milieu du lozange à l'endroit marqué B, est ce qu'on appelle la chape de l'éguille. Elle est faite de cuivre & creusée en forme de cône; on l'applique au centre de la rose, & on la fait tenir avec de la colle.

La figure 3me represente la boussole entiere. C'est une boète ronde de bois d'environ 6 à 7 pouces de diametre & 4 de profondeur; on la fait quelquefois quarrée.

Il y a deux cercles de cuivre, dont le plus grand est attaché à la boète par deux pivots, aux endroits marquez B.

L'autre cercle est attaché par deux autres pivots qui traversent lesdits cercles diametralement aux endroits marquez C; & ces deux pivots vont aboutir dans deux trous qui sont percez au milieu & vers le haut d'une autre espece de boète de bois, concave en dedans & convexe en dehors, comme une calote, & chargée de plomb au fond de ladite calote, dans laquelle on met la rose. Il faut que cette boète & les deux cercles ayent un mouvement fort libre, en telle sorte que la grande boète marquée A, étant posée à plat, tel mouvement que fasse le vaisseau, la boète interieure soit toujours horisontale & en équilibre. Au milieu du fond de cette boète est placé un pivot de cuivre bien droit & bien pointu, sur lequel on pose la chape qui porte la rose, laquelle doit avoir un mouvement très-libre, & l'éguille étant frotée d'aiman, comme nous avons dit, la fleur-de-lis tendra vers le nord, & tous les autres rumbs de vent seront tournez vers les autres parties du monde. On pose un verre qui couvre la rose, afin que le vent ne l'agite point.

Fig. 3.

Il y a aussi dans chaque vaisseau une boussole qui sert à connoître la déclinaison ou variation de l'éguille aimantée. Elle est faite comme celle dont nous venons de parler; mais le bord extérieur de la rose doit être divisé en 4 fois 90 degrez, en commençant du nord & sud à droit & à gauche. Il doit y avoir deux pinules mobiles autour de la boète pour regarder les astres, & on tend un fil d'une pinule à l'autre qui passe par dessus le centre de la rose, de sorte que quand on regarde un astre par les deux pinules, le fil qui traverse la rose represente le rayon de l'astre. Ces sortes de boussoles s'appellent aussi compas de variation.

Il se fait aussi de ces compas de variation, dont se servent les pilotes; c'est une boète quarrée un peu plus haute qu'à l'ordinaire; on y fait deux ouvertures vers le haut de cette boète en forme de quarré long A A, & opposées diametralement; on attache une soie au haut d'une de ces fenêtres aux extremitez desquelles il y a des petits trous percez perpendiculairement, ayant passé cette soie par les deux trous d'une de ces pinules, & on la tendra de maniere qu'elle passera sur le milieu du verre qui couvre la boussole, & donnera juste au milieu de la chape de la rose; puis l'autre bout de la soie sera passé dans les deux petits trous de l'autre pinule, & on l'arrêtera bien fixe; les cercles de suspension sont de même à cette boussole comme à la premiere que nous avons decrite, & les pivots en C C, figure 2 planche 24.

Description d'une boussole qui se suspend au plancher.

POur éviter l'embaras des cercles & des pivots de laiton afin de tenir toujours la boussole de niveau, en voici la construction d'une, que

l'on suspend au plancher de la bitacle du vaisseau. C'est une boète ronde suspendue à son centre de gravité à une courroie de cuir ou une bande de laiton mince avec un anneau, cette boète est renversée & le verre est dessous, de sorte que le pilote étant couché ou se promenant, voit les differens mouvemens du vaisseau par la situation de la rose, qui est dans cette boète; laquelle rose au lieu d'être au dessus de la chape & de l'éguille aimantée est au dessous. Il est à remarquer qu'il faut que cette rose soit gravée de maniere que *est* soit à gauche & *ouest* à droite, & les autres vents à proportion, afin qu'étant colez en dessous les vents soient dans leur situation naturelle. Il faut ajuster le pivot qui porte la rose dans une petite piece de bois comme le moule d'un bouton, & le coler au milieu du verre qui couvre la boussole, & que la rose étant posée sur ce pivot, le verre soit arrêté bien juste dans la rainure, figure 3 de la planche 24.

Il y a aussi dans chaque vaisseau plusieurs petites boussoles qu'on nomme volans; ce sont des petites roses flotantes sur leurs pivots, comme celle dont nous avons donné la description, & ces boussoles legeres & simples servent sur les chaloupes, figure 4me.

Usage de la boussole.

AYant reconnu sur une carte marine la route que doit tenir le vaisseau pour aller au lieu proposé, & la boussole étant affermie dans la chambre du pilote, de telle maniere que les deux côtez paralleles de la boète quarrée soient arrêtez selon la longueur du navire, c'est-à-dire, parallelement à la ligne qui s'étend de la poupe à la proue, on marquera d'une croix ou autre marque le milieu du côté de la boète perpendiculaire à la longueur du vaisseau & le plus éloigné de la poupe, afin que par ce moyen on puisse diriger son gouvernail

EXEMPLE.

Nous partons de l'Isle Ouessant, sur les confins de la Bretagne, à l'occident de Brest, & nous voulons naviger vers le Cap de Finistere en Galice. Nous cherchons premierement dans une carte marine réduite de la maniere que nous dirons ci-après, quelle doit être la direction du navire, & nous remarquons que la route se doit faire entre le sud-ouest & le sud sud-ouest, c'est-à-dire, selon la ligne qui tend au sud-ouest quart au sud; c'est pourquoi ayant le vent propre on tournera le gouvernail du navire de maniere que la ligne du sud-ouest quart au sud, réponde exactement à la croix marquée sur le bord du cadre de la boussole; & ce qui est admirable, c'est que par ce moyen on peut diriger la route du vaisseau de nuit comme de jour; dans une chambre fermée comme si on étoit à l'air; dans un tems obscur, comme dans un tems serein; de telle sorte que l'on pourra toujours reconnoître si le navire s'écarte de la route qu'il doit tenir.

De la variation ou déclinaison de l'aiman.

L'Experience nous a fait connoître que l'éguille aimantée décline du vrai septentrion, c'est-à-dire, que la fleur-de-lis ne tend pas exactement au nord du monde; mais qu'elle s'en écarte quelquefois vers l'orient,

d'autrefois vers l'occident, plus ou moins, selon les tems & les lieux differens.

Environ l'an 1665, elle n'avoit aucun déclinaison à Paris, au lieu qu'à present sa déclinaison y est de treize degrez du septentrion vers l'occident. C'est pourquoi il faut tâcher d'observer avec soin la déclinaison de l'éguille aimantée toutes les fois qu'on en trouve l'occasion favorable, afin d'y avoir égard dans la conduite de la navigation.

Car si, par exemple, la déclinaison de l'éguille aimantée étoit de 10 deg. du nord à l'ouest dans l'isle d'ouessant, que nous avons supposé le lieu du départ du navire, & que l'on suivît exactement la ligne de sud-ouest quart au sud, au lieu d'aller au Cap de Finisterre on iroit vers une autre contrée plus orientale de 10 degrez.

Pour y remedier, il n'y a qu'à changer de place sur le cadre de la boussole la croix qui marque le rumb de direction, & la reculer vers est d'autant de degrez qu'est la déclinaison de l'éguille vers ouest; & ainsi toutes les fois qu'on aura reconnu une nouvelle déclinaison de l'aiman, il faudra changer le lieu de ladite croix. Quand la boète est toute ronde on fait une marque au corps de ladite boète, vis-à-vis du nord & sud.

Si pareillement un vaisseau part des Sorlingues en Angleterre, pour aller à l'île de Madere, nous trouverons sur la carte marine que la route se doit faire au sud-sud-ouest; mais si dans ce tems la déclinaison de l'éguille aimantée est de 6 degrez du nord à l'est, il faudra reculer d'autant de degrez vers l'occident la croix marquée sur le bord de la boussole, afin de diriger la route du vaisseau en appliquant sur ladite croix le rumb de la navigation trouvé sur la carte.

Mais si l'on se sert d'une boussole dont on puisse changer la position de l'éguille aimantée, comme celle à double rose, il faudra arrêter la fleur-de-lis de la rose des vents, de sorte que sa pointe marque le vrai nord, & avoir le soin de la changer toutes les fois que l'on trouvera du changement à la déclinaison de l'aiman; & en ce cas il ne faudra point changer de place la croix qui marque sur le bord de la boussole le rumb de direction du vaisseau.

Il est très-nécessaire, principalement dans les voyages de long cours, que les pilotes fassent souvent des observations celestes, afin d'avoir exactement la déclinaison de l'éguille aimantée, non seulement pour bien diriger la route du vaisseau, mais principalement pour savoir où l'on est, après avoir essuyé quelque rude tempête, pendant laquelle on aura été contraint de negliger la veritable route, en se laissant entraîner aux vents & aux courans qui auront obligé de dériver.

Trouver la variation de l'éguille aimantée

IL y a plusieurs moyens pour reconnoître la déclinaison de l'aiman, comme par le lever & le coucher d'un même astre, ou par l'observation de deux hauteurs égales de l'astre sur l'horison, parce qu'en ces deux tems il sera également éloigné de la vraie meridiene du monde, ou bien par son passage au meridien.

Mais tous ces moyens sont peu usitez sur mer, premierement parce que ne pouvant savoir assez précisement le tems que le soleil ou un autre astre passe par le meridien, on est obligé d'employer beaucoup de tems pour

découvrir par plusieurs observations, quelle est la plus grande hauteur du soleil, c'est-à-dire, la hauteur meridiene.

Secondement, parce que le soleil peut considerablement changer de déclinaison, & le navire de latitude entre deux observations de ses hauteurs égales sur l'horison, ou entre son lever & son coucher.

On peut trouver la variation de l'éguille aimantée plus promtement par une seule observation des amplitudes des astres. Mais il en faut connoître la déclinaison, & la latitude du lieu où l'on est. Nous donnons à la fin de ce chapitre premier de la navigation, des tables de déclinaisons du soleil, & des principales étoiles de l'un & l'autre hemisphere, le tout calculé pour le premier meridien, ou de l'île de Fer la plus occidentale des Canaries, avec la maniere de s'en servir pour les tems & les lieux dont on aura besoin; nous y joignons une table des amplitudes ortives & occases pour toutes les élevations de pole jusqu'au 66 degré & demi, qu'on pourra continuer jusqu'au 90 degré par les preceptes qui y sont joints.

L'amplitude orientale d'un astre est l'arc de l'horison compris entre le point où il se leve & le vrai est; & l'amplitude occidentale est l'arc de l'horison compris entre le point où il se couche & le vrai ouest.

Les astres dont la déclinaison est septentrionale, ont aussi leur amplitude septentrionale, & ceux qui l'ont meridionale ont leur amplitude du même côté. Plus les astres ont de déclinaison, plus ils ont d'amplitude; les obliquitez de la sphere augmentent aussi les amplitudes des astres; car dans la sphere droite les amplitudes des astres sont précisement égales à leurs déclinaisons, & dans la sphere oblique elles sont plus grandes.

On aura par chaque observation une autre amplitude de l'astre, que l'on peut nommer l'amplitude observée, qui est la distance de l'est de la boussole, jusqu'au point de l'horison où l'astre se leve, ou la distance de l'ouest de la boussole, jusqu'au point où il se couche.

Cette amplitude s'observe en regardant par les ouvertures ou par les pinules du compas de variation le lever ou le coucher de l'astre; & comme le fil qui traverse & passe par le centre de l'instrument, represente le rayon de l'astre, les degrez de la rose compris depuis ce fil jusqu'à l'est ou l'ouest du compas ou boussole, marquent les degrez de l'amplitude observée; ensuite comparant l'amplitude de la table calculée avec l'amplitude observée, on connoîtra la variation de l'éguille, si elle en a, de la maniere que nous allons expliquer.

EXEMPLE.

Etant en mer le 15me jour de Mai de l'année 1725 à 45 degrez de latitude septentrionale, je connois par une table calculée que la déclinaison du soleil est de 19 degrez septentrionale, & son amplitude orientale de 27 degrez 25 minutes septentrionale. Je l'observe à son lever avec les pinules du compas de variation, & je trouve qu'il paroît se lever entre le 62 & le 63 degré compté du nord, allant vers l'est de la rose; c'est-à-dire, entre le 27 & le 28me degré compté de l'est; & comme en ce cas l'amplitude observée est égale à l'amplitude calculée, je conclus qu'en cet endroit & en ce tems-là l'éguille n'a point de déclinaison.

Mais si le soleil a paru se lever entre le 52 & 53me degré compté du nord à l'est, son amplitude observée sera de 37 à 38 degrez, c'est-à-dire, de 10 deg. plus grande que celle de la table calculée, par où l'on connoît que l'éguille

aimantée décline du nord à l'est de 10 degrez. Si au contraire l'amplitude orientale observée étoit moindre que la calculée, leur difference marqueroit la déclinaison de l'éguille du nord à l'ouest. Car si l'amplitude observée est plus grande que la vraie, cela vient de ce que l'est de la boussole se reculant du soleil vers le sud, la fleur-de-lis de la rose s'approche de l'est, & donne la variation nord-est. La raison pour le contraire est également évidente.

Si l'amplitude orientale calculée est du côté du sud, aussi-bien que l'amplitude observée, & que celle-ci soit la plus grande, la déclinaison de l'éguille sera nord-ouest. Si au contraire elle est plus petite, la déclinaison sera nord-est d'autant de degrez que sera leur difference.

Ce que nous avons dit des amplitudes orientales nord, se doit entendre pour les amplitudes occidentales sud, & ce que nous avons dit des amplitudes orientales sud, se doit entendre pour les amplitudes occidentales nord.

Enfin si les amplitudes se trouvent de differente dénomination; par exemple, aux amplitudes orientales, si l'amplitude calculée est de 6 degrez nord, & que l'observée soit de 5 degrez sud, c'est une marque que la variation, qui dans ce cas sera N O, se trouve plus grande que la vraie amplitude, étant égale à la somme des deux amplitudes, vraie & observée; c'est pourquoi les ajoutant ensemble on aura 11 degrez de variation N O. Il en seroit de même pour les amplitudes occidentales.

On peut encore trouver la variation de l'éguille aimantée à toute heure par l'azimut d'un astre, ayant sa hauteur & sa déclinaison avec la latitude du lieu, comme nous l'avons expliqué dans les usages 26 & 27 du livre qui a pour titre l'*Usage des astrolabes*.

Ayant expliqué dans notre livre de l'usage des globes, livre premier section cinq, & suivant tout ce qui appartient à la connoissance des déclinaisons du soleil & des astres, leurs ascensions droites & obliques, leurs parallaxes & leurs réfractions; il ne nous reste pour ce qui regarde la navigation que de donner des tables calculées de toutes ces choses, dont l'application est d'une si grande necessité tant pour connoître la variation de l'éguille aimantée, & par conséquent la meridiene, la hauteur du pole & la latitude, que pour savoir la veritable hauteur des astres, dont nous parlerons au chapitre suivant. On se souviendra seulement que la déclinaison d'un astre est sa distance depuis l'équateur vers le pole; si elle est vers le nord, on l'appelle septentrionale; si c'est vers le midi, elle est meridionale: elle se compte sur un meridien qui passe par le pole & le centre de l'astre, & coupe l'équateur à angles droits.

Un astre qui ne changeroit point de situation en longitude auroit toujours la même déclinaison, c'est pourquoi le soleil qui en change tous les jours parce qu'il s'éloigne tous les jours du point aries de l'écliptique ou d'équinoxe de printems, change aussi tous les jours de déclinaison. Et comme d'ailleurs il s'en faut de 6 heures ou environ qu'il revienne après 365 jours au premier point d'aries à même jour, puisqu'il faut ajouter un jour après quatre ans, de sorte que cette année est de 366 jours; il faut avoir des tables pour quatre ans, afin de s'en servir depuis une année bissextile jusqu'à l'autre, & de recommencer ensuite dans le même ordre; avec cette difference que dans les années seculaires comme 1800, il faudra se servir d'une table particuliere pour cette année qui est trop éloignée.

Table de la déclinaison du soleil pour les années bissextiles 1724, 1728 & 1732 & autres, calculée pour le premier meridien passant par l'île de Fer, pour chacun jour à midi.

Jours	Janvier D. M.	Fevrier D. M.	Mars D. M.	Avril D. M.	Mai D. M.	Juin D. M.	Juillet D. M.	Aout D. M.	Sept. D. M.	Octob. D. M.	Nove. D. M.	Decem. D. M.
	Merid.	Merid.	Merid.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Merid.	Merid.	Merid.
1	23 5	17 15	7 25	4 43	15 12	22 7	23 8	17 59	8 11	3 20	14 36	21 55
2	23 0	16 58	7 2	5 6	15 30	22 15	23 3	17 43	7 49	3 44	14 55	22 4
3	22 54	16 40	6 39	5 29	15 47	22 22	22 58	17 27	7 27	4 7	15 14	22 12
4	22 47	16 22	6 16	5 52	16 4	22 29	22 53	17 12	7 5	4 30	15 33	22 20
5	22 41	16 4	5 53	6 14	16 21	22 36	22 47	16 56	6 43	4 53	15 51	22 28
6	22 35	15 46	5 29	6 37	16 38	22 43	22 41	16 40	6 20	5 16	16 9	22 35
7	22 27	15 28	5 6	7 0	16 54	22 49	22 36	16 23	5 58	5 39	16 27	22 42
8	22 19	15 9	4 43	7 22	17 10	22 54	22 30	16 6	5 35	6 2	16 45	22 48
9	22 11	14 50	4 19	7 44	17 26	22 59	22 23	15 48	5 12	6 25	17 2	22 54
10	22 4	14 32	3 56	8 6	17 43	23 4	22 15	15 31	4 50	6 47	17 19	23 0
11	21 54	14 12	3 32	8 28	17 58	23 8	22 7	15 13	4 27	7 10	17 35	23 5
12	21 44	13 52	3 8	8 50	18 13	23 12	21 58	14 55	4 4	7 33	17 51	23 9
13	21 34	13 32	2 45	9 11	18 28	23 15	21 49	14 37	3 41	7 56	18 7	23 13
14	21 24	13 11	2 21	9 33	18 43	23 18	21 40	14 18	3 18	8 18	18 23	23 17
15	21 13	12 51	1 57	9 54	18 57	23 21	21 30	14 0	2 55	8 40	18 38	23 20
16	21 3	12 30	1 34	10 15	19 11	23 23	21 20	13 41	2 32	9 2	18 53	23 23
17	20 51	12 9	1 10	10 37	19 25	23 25	21 10	13 21	2 8	9 24	19 9	23 25
18	20 39	11 48	0 46	10 58	19 38	23 27	21 0	13 1	1 45	9 46	19 23	23 27
19	20 27	11 27	0 ♈ 23	11 19	19 51	23 28	20 50	12 41	1 22	10 8	19 37	23 28
20	20 15	11 6	0 1	11 40	20 4	23 ♋ 29	20 39	12 22	0 58	10 30	19 50	23 29
21	20 2	10 45	0 25 Septen.	12 0	20 16	23 29	20 28	12 2	0 34	10 52	20 3	23 ♑ 29
22	19 48	10 23	0 49	12 0	20 28	23 29	20 16	11 42	0 10	11 13	20 16	23 29
23	19 34	10 1	1 12	12 40	20 40	23 28	20 4	11 22	0 ♎ 14 Merid.	11 34	20 28	23 28
24	19 20	9 39	1 36	13 0	20 51	23 27	19 51	11 1	0 37	11 55	20 40	23 27
25	19 5	9 16	2 0	13 20	21 2	23 25	19 38	10 40	1 1	12 16	20 52	23 25
26	18 50	8 54	2 23	13 39	21 12	23 23	19 25	10 19	1 24	12 36	21 3	23 23
27	18 35	8 31	2 46	13 58	21 22	23 21	19 11	9 58	1 47	12 56	21 15	23 21
28	18 19	8 9	3 0	14 17	21 32	23 18	18 57	9 37	2 11	13 16	21 26	23 18
29	18 4	7 47	3 33	14 36	21 41	23 15	18 43	9 16	2 34	13 36	21 36	23 15
30	17 48	0 0	3 56	14 54	21 50	23 12	18 29	8 54	2 57	13 56	21 46	23 11
31	17 32	0 0	4 19	0 0	21 58	0 0	18 14	8 32	0 0	14 16	0 0	23 7

Reduction des tables pour tout autre meridien.

POur se servir de ces tables sous tout autre meridien que celui de l'île de Fer, il faut convertir les heures devant ou après midi de la regle ci-dessus en degré de longitude, de sorte que si le lieu est plus oriental de 15 degrez, il faudra opérer comme si on demandoit la declinaison du soleil à 11 heures du matin sous l'île de Fer; si le lieu est plus occidental de 15 degrez, il faudra opérer comme si on demandoit la déclinaison du soleil sous le meridien de la susdite île à 1 heure après midi. Chaque degré plus oriental avance de 4 minutes de tems, comme chaque degré plus occidental retarde de 4 minutes de tems.

E X E M P L E.

Etant 20 degrez plus vers l'orient que l'île de Fer, ou sous le meridien de Paris, on demande la déclinaison du soleil à midi le 25 Mars 1726; on trouve dans la table pour l'île de Fer à midi:

Seconde table de la déclinaison du soleil pour les années communes 1725 & 1729, &c. premieres après les années bissextiles.

Jours	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septem.	Octob.	Nove.	Decem.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M	D. M.	D. M.
	Merid.	Merid.	Merid.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Merid.	Merid.	Merid.
1	23 1	17 2	7 30	4 37	15 8	22 6	23 9	18 3	8 17	3 15	14 31	21 53
2	22 55	16 44	7 7	5 0	15 26	22 14	23 4	17 48	7 55	3 38	14 50	22 2
3	22 49	16 26	6 44	5 23	15 43	22 21	22 59	17 32	7 33	4 2	15 9	22 10
4	22 43	16 8	6 21	5 46	16 0	22 28	22 54	17 16	7 11	4 25	15 28	22 18
5	22 37	15 50	5 58	6 8	16 17	22 35	22 49	17 0	6 49	4 47	15 46	22 26
6	22 30	15 32	5 34	6 31	16 34	22 41	22 43	16 43	6 26	5 10	16 4	22 34
7	22 24	15 14	5 11	6 54	16 51	22 47	22 37	16 26	5 4	5 33	16 22	22 41
8	22 16	14 55	4 48	7 17	17 8	22 53	22 31	16 9	5 42	5 56	16 39	22 48
9	22 7	14 36	4 25	7 39	17 24	22 58	22 24	15 52	5 19	6 19	16 57	22 54
10	21 57	14 17	4 1	8 1	17 40	23 3	22 17	15 35	4 56	6 42	17 15	22 59
11	21 47	13 57	3 37	8 23	17 56	23 7	22 9	15 17	4 33	7 4	17 32	23 4
12	21 37	13 37	3 14	8 45	18 11	23 11	22 1	14 59	4 10	7 27	17 48	23 9
13	21 27	13 17	2 50	9 7	18 26	23 14	21 52	14 40	3 47	7 49	18 4	23 14
14	21 16	12 57	2 27	9 28	18 41	23 17	21 43	14 22	3 24	8 12	18 20	23 18
15	21 5	12 36	2 3	9 49	18 55	23 20	21 34	14 4	3 1	8 34	18 35	23 22
16	20 53	12 15	1 40	10 11	19 9	23 22	21 25	13 45	2 38	8 57	18 50	23 24
17	20 41	11 54	1 16	10 32	19 23	23 25	21 15	13 26	2 14	9 19	19 5	23 26
18	20 29	11 33	0 52	10 53	19 37	23 27	21 4	13 7	1 51	9 41	19 19	23 27
19	20 17	11 12	0 28	11 14	19 50	23 28	20 53	12 47	1 28	10 3	19 33	23 28
20	20 5	10 50	0 ♈ 4	11 35	20 2	23 29	20 42	12 27	1 4	10 25	19 47	23 29
21	19 52	10 28	0 19	11 55	20 14	23 ♋ 29	20 30	12 7	0 40	10 46	20 0	23 ♑ 29
22	19 38	10 6	0 Septen. 43	12 15	20 26	23 29	20 18	11 47	0 17	11 8	20 13	23 29
23	19 24	9 44	1 7	12 35	20 37	23 28	20 6	11 26	0 ♎ 7	11 29	20 25	23 28
24	19 9	9 22	1 30	12 55	20 48	23 27	19 54	11 6	0 Merid. 31	11 50	20 37	23 27
25	18 54	9 0	1 54	13 15	20 59	23 26	19 42	10 46	0 55	12 10	20 49	23 26
26	18 39	8 38	2 17	13 34	21 9	23 24	19 29	10 25	1 18	12 31	21 1	23 24
27	18 23	8 15	2 41	13 53	21 19	23 22	19 16	10 4	1 42	12 51	21 12	23 22
28	18 7	7 53	3 4	14 12	21 29	23 20	19 2	9 43	2 5	13 11	21 23	23 19
29	17 51	0 0	3 27	14 31	21 38	23 17	18 48	9 22	2 28	13 31	21 34	23 16
30	17 36	0 0	3 50	14 50	21 48	23 14	18 33	9 0	2 52	13 51	21 44	23 12
31	17 19	0 0	4 14	0 0	21 57	0 0	18 18	8 39	0 0	14 11	0 0	23 7

La déclinaison de l'île de Fer à midi le 25 Mars 1726, 1 deg. 48 min.
La déclinaison audit lieu à midi le 24 Mars 1726, 1 deg. 25 min.
} Difference 23 min. en 24 h. ou 360 d. en augmentant.

Regle 24 heures ou 360 degrez 23 minutes 20 degrez, on a converti les 24 heures en 360 degrez; parce qu'ils s'agissoit d'opérer non par les differences d'heure, mais par la difference de degrez de longitude. Multipliez 24 minutes de tems par 20 degrez; divisez le produit par 360 degrez, viendra 1 minute peu plus, qu'il faut ajouter à 1 degré 48 minutes, l'on aura 1 degré 49 minutes pour la déclinaison du soleil à midi sous le meridien de Paris le 25 Mars 1726.

Troisiéme table de la déclinaiſon du ſoleil pour les années communes 1726 & 1730, &c. ſecondes après les années biſſextiles.

Jours	Janvier D. M.	Fevrier D. M.	Mars D. M.	Avril D. M.	Mai D. M.	Juin D. M.	Juillet D. M.	Aout D. M.	Sept. D. M.	Octob. D. M.	Nove. D. M.	Decem. D. M.
	Merid.	Merid.	Merid.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Merid.	Merid.	Merid.
1	23 2	17 7	7 35	4 32	15 3	22 4	23 10	18 7	8 22	3 9	14 27	21 51
2	22 57	16 49	7 13	4 55	15 21	22 12	23 5	17 52	8 0	3 32	14 46	21 59
3	22 51	16 31	6 59	5 18	15 39	22 20	23 0	17 36	7 38	3 55	15 5	22 8
4	22 45	16 13	6 27	5 41	15 56	22 27	22 55	17 20	7 16	4 18	15 24	22 16
5	22 38	15 55	6 4	6 4	16 13	22 34	22 51	17 4	6 54	4 41	15 42	22 24
6	22 31	15 37	5 40	6 26	16 30	22 40	22 46	16 47	6 32	5 4	16 0	22 31
7	22 24	15 19	5 17	6 49	16 47	22 46	22 40	16 30	6 9	5 27	16 18	22 38
8	22 16	15 0	4 54	7 11	17 4	22 52	22 33	16 13	5 46	5 50	16 36	22 45
9	22 8	14 41	4 30	7 33	17 20	22 57	22 26	15 56	5 24	6 14	16 53	22 51
10	21 59	14 22	4 7	7 55	17 36	23 2	22 19	15 39	5 1	6 37	17 11	22 57
11	21 50	14 2	3 43	8 17	17 51	23 6	22 11	15 21	4 38	7 0	17 28	23 2
12	21 40	13 42	3 19	8 38	18 6	23 10	22 3	15 3	4 15	7 22	17 44	23 7
13	21 30	13 22	2 56	9 0	18 21	23 14	21 55	14 45	3 52	7 45	18 0	23 13
14	21 19	13 2	2 32	9 22	18 36	23 17	21 46	14 27	3 29	8 7	18 16	23 17
15	21 8	12 41	2 9	9 44	18 50	23 20	21 37	14 9	3 6	8 29	18 31	23 20
16	20 57	12 20	1 45	10 5	19 4	23 22	21 28	13 50	2 43	8 51	18 46	23 22
17	20 45	11 59	1 21	10 27	19 18	23 24	21 18	13 31	2 19	9 14	19 1	23 24
18	20 33	11 38	0 57	10 48	19 32	23 26	21 7	13 11	1 56	9 36	19 16	23 26
19	20 21	11 17	0 34	11 9	19 45	23 27	20 56	12 52	1 32	9 58	19 30	23 27
20	20 9	10 55	0 10	11 30	19 58	23 28	20 45	12 32	1 9	10 20	19 44	23 28
21	19 56	10 33	0 ♈ 14	11 50	20 10	23 29	20 33	12 12	0 45	10 41	19 57	23 29
22	19 42	10 11	0 38 Septen.	12 10	20 22	23 ♋ 29	20 21	11 52	0 22	11 3	20 10	23 ♑ 29
23	19 28	9 49	1 1	12 30	20 34	23 29	20 9	11 31	0 ♎ 2 Merid.	11 24	20 22	23 29
24	19 13	9 27	1 25	12 50	20 45	23 28	19 57	11 11	0 25	11 45	20 34	23 28
25	18 58	9 5	1 48	13 10	20 56	23 27	19 45	10 51	0 49	12 6	20 46	23 27
26	18 43	8 43	2 12	13 30	21 7	23 25	19 32	10 30	1 12	12 27	20 58	23 25
27	18 28	8 20	2 35	13 49	21 18	23 23	19 19	10 9	1 36	12 47	21 10	23 23
28	18 12	7 58	3 59	14 8	21 28	23 21	19 5	9 47	1 59	13 8	21 21	23 20
29	17 56	0 0	3 22	14 27	21 38	23 18	18 51	9 26	2 22	13 28	21 32	23 17
30	17 40	0 0	3 46	14 45	21 47	23 14	18 37	9 5	2 45	13 48	21 42	23 13
31	17 24	0 0	4 9	0 0	21 56	0 0	18 22	8 44	0 0	14 8	0 0	23 8

Uſage des tables ci-deſſus.

IL faut ſavoir ſi l'année pour laquelle on cherche la déclinaiſon du ſoleil un certain jour à midi eſt biſſextile, ou ſi elle eſt la premiere, ſeconde, ou troiſiéme après la biſſextile; alors on cherchera dans celle des quatre tables celle qui convient, & le jour dont il s'agit dans la colonne du mois, vis-à-vis le jour propoſé, on lira la déclinaiſon du ſoleil qui ſera meridionale ſi le ſoleil eſt dans les ſignes meridionaux ou ſeptentrionale s'il eſt dans les ſeptentrionaux, comme il eſt écrit au haut de chaque colonne. Ceci n'a pas beſoin d'exemple; mais s'il s'agit d'avoir la déclinaiſon du ſoleil à une autre heure qu'à midi, il faudra ſuivre les preceptes que nous propoſons.

Il faut ſavoir ſi la déclinaiſon du ſoleil va en augmentant; ce qui arrive depuis les équinoxes juſqu'aux ſolſtices, & en diminuant, depuis les ſolſtices juſqu'aux équinoxes; ſi la déclinaiſon va en augmentant, elle ſera plus grande après midi qu'elle n'eſt marquée par la table & devant midi moindre à proportion qu'il y aura plus ou moins d'heures avant ou après midi. On trouvera cette proportion en faiſant la regle de trois, dont

Quatrième table de la déclinaison du soleil, pour les années communes 1727 & 1731, &c troisiémes après les années bissextiles, calculée comme celles ci-dessus pour le meridien de l'île de Fer & à midi de chacun jour.

Jours	Janvier D. M.	Fevrier D. M.	Mars D. M.	Avril D. M.	Mai D. M.	Juin D. M.	Juillet D. M.	Aout D. M.	Sept. D. M.	Octob. D. M.	Nove. D. M.	Decem. D. M.
1	23 4	17 11	7 41	4 25	14 59	22 1	23 11	18 10	8 28	3 3	14 22	21 49
2	22 58 Merid.	16 54 Merid.	7 18 Merid.	4 49 Septen.	15 17 Septen.	22 9 Septen.	23 7 Septen.	17 55 Septen.	8 6 Septen.	3 26 Merid.	14 42 Merid.	21 58 Merid.
3	22 52	16 36	6 55	5 12	15 35	22 17	23 2	17 40	7 44	3 49	15 1	22 7
4	22 46	16 18	6 32	5 35	15 52	22 25	22 58	17 25	7 22	4 12	15 20	22 15
5	22 49	16 0	6 9	5 58	16 9	22 32	22 53	17 9	6 59	4 35	15 38	22 13
6	22 33	15 41	5 46	6 21	16 26	22 39	22 47	16 52	6 37	4 59	15 56	22 30
7	22 26	15 23	5 23	6 43	16 43	22 45	22 41	16 35	6 15	5 22	16 14	22 37
8	22 18	15 4	4 59	7 6	17 0	22 51	22 35	16 18	5 52	5 45	16 32	22 44
9	22 19	14 46	4 36	7 28	17 16	22 56	22 28	16 1	5 30	6 8	16 50	22 50
10	22 1	14 27	4 12	7 50	17 32	23 1	22 21	15 44	5 7	6 31	17 7	22 56
11	21 52	14 7	3 49	8 12	17 47	23 5	22 14	15 26	4 44	6 53	17 23	23 1
12	21 43	13 47	3 25	8 34	18 2	23 9	22 6	15 8	4 21	7 16	17 39	23 6
13	21 33	13 27	3 2	8 56	18 17	23 13	21 58	14 50	3 58	7 39	17 55	23 11
14	21 22	13 7	2 38	9 18	18 32	23 16	21 49	14 32	3 35	8 1	18 11	23 15
15	21 11	12 46	2 15	9 39	18 46	23 19	21 40	14 13	3 12	8 24	18 27	23 19
16	21 0	12 25	1 51	10 0	19 0	23 22	21 30	13 56	2 48	8 46	18 42	23 22
17	20 49	12 4	1 27	10 22	19 14	23 24	21 20	13 36	2 25	9 9	18 57	23 24
18	20 37	11 43	1 4	10 43	19 28	23 26	21 10	13 17	2 2	9 31	19 12	23 26
19	20 25	11 22	0 40	11 4	19 42	23 27	20 59	12 57	1 39	9 53	19 27	23 27
20	20 12	11 1	0 16	11 25	19 55	23 28	20 48	12 37	1 15	10 15	19 41	23 28
21	19 58	10 39	0 ♈ 8	11 45	20 7	23 29	20 36	12 17	0 52	10 37	19 54	23 29
22	19 44	10 17	0 32	12 5	20 19	23 ♋ 29	20 24	11 56	0 29	10 58	20 7	23 ♑ 29
23	19 30	9 55	0 55 Septen.	12 25	20 30	23 29	20 12	11 36	0 5	11 19	20 19	23 29
24	19 16	9 33	1 19	12 45	20 42	23 28	20 0	11 16	0 ♎ 19	11 40	20 31	23 28
25	19 2	9 10	1 42	13 5	20 53	23 27	19 48	10 56	0 43	12 1	20 43	23 27
26	18 47	8 48	2 6	13 24	21 4	23 25	19 35	10 35	1 6 Merid.	12 22	20 55	23 25
27	18 32	8 26	2 29	13 43	21 15	23 23	19 22	10 14	1 30	12 42	21 7	23 23
28	18 16	8 3	2 53	14 2	21 25	23 21	19 8	9 53	1 53	13 2	21 18	23 20
29	18 0	0 0	3 16	14 21	21 35	23 18	18 54	9 32	2 17	13 22	21 29	23 17
30	17 44	0 0	3 39	14 40	21 44	23 15	18 39	9 11	2 40	13 42	21 39	23 13
31	17 28	0 0	4 2	0 0	21 53	0 0	18 25	8 49	0 0	14 2	0 0	23 9

dont les termes sont ainsi. 24 heures ... la difference de la déclinaison depuis le midi passé jusqu'à celui avant lequel on cherche la déclinaison ..., & les heures devant ce midi.

EXEMPLE.

Le 18 Mai 1726 sous le meridien de l'île de Fer pour lequel les tables sont calculées, on demande la déclinaison du soleil à 8 heures du soir:

La déclinaison du 18 Mai 1726 à midi 19 degrez 32 min. } La difference est de 13 m.
La déclinaison du 19 Mai 1726 à midi 19 degrez 45 min. } en 24 h. en augmentant.

Regle 24 heures... 13 minutes... 8 heures. Multipliez 13 par 8, divisez le produit par 24 heures, viendra 4 minutes d'augmentation peu plus, à ajouter à la déclinaison de midi du 18 Mai 1726, 19 degrez 32 minutes; la somme sera 19 degrez 36 minutes de déclinaison du soleil le 18 Mai 1726 à 8 heures du soir.

Comme les déclinaiſons des étoiles ſervent auſſi-bien que celles du ſoleil, dans la navigation, & qu'on fait les mêmes operations par les unes que par les autres, nous joignons ici une table des principales étoiles de l'un & l'autre hemiſphere.

Table des principales étoiles dont la déclinaiſon eſt du côté du Nord, calculée pour l'année 1700.

	Latitude.			*Longitud.*			*Aſcenſion droite.*		*Déclin.*		*Differ. en 100 ans.*	
	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
L'étoile du nord au bout de la queue de la petite ourſe.	66.	2	N	24.	28	♊	8.	22	87.	44	34.	aj
La claire des gardes dans l'épaule de la petite ourſe.	72.	51	N	8.	41	♌	223.	7	75.	34	3.	ot
Le bout de la queue de la grande ourſe, ou le premier cheval du grand chariot.	54.	25	N	22.	37	♍	203.	56	50.	51	31	ot
Celle du quarré la plus nord vers le col de la grande ourſe.	49.	40	N	10.	59	♌	161.	8	63.	22	32.	ot
La poitrine de Caſſiopée.	46.	56	N	3.	43	♉	5.	54	54.	52	34.	ot
La tête d'Andromede.	25.	42	N	10.	12	♈	358.	15	27.	28	34.	aj
Le pied ſud d'Andromede.	27.	47	N	10.	4	♉	26.	17	40.	53	30.	aj
La claire au côté de Perſée.	30.	5	N	27.	42	♉	40.	39	48.	23	21.	ot
Capella dans la chevre du chartier Erictonius.	22.	50	N	17.	41	♊	73.	42	45.	38	10.	aj
Le bout de l'aîle de Pegaſe.	12.	35	N	5.	3	♈	359.	29	13.	32	34.	aj
Le front d'*Aries*.	9.	57	N	3.	32	♉	27.	40	22.	3	30.	aj
La machoire de la Baleine.	12.	37	S	10.	12	♉	41.	44	2.	56	25.	aj
L'œil du *Taureau* Aldebaran.	5.	31	S	5.	38	♊	64.	4	15.	53	15.	aj
La tête la plus nord des *Gemeaux*.	10.	2	N	16	6	♋	108.	45	32.	27	11.	ot
Le petit chien, Procion.	15.	57	S	21.	44	♋	110.	56	5.	59	12.	ot
Le cœur du Lion, Regulus.	0.	26	N	25.	42	♌	148.	4	13.	24	29.	ot
Le bout de la queue du Lion.	12.	18	N	17.	28	♍	173.	29	16.	13	34.	ot
Le bas de la robe de Bootes, Arturus.	31.	2	N	20.	5	♎	210.	33	20.	48	30.	ot
La claire de la couronne du Nord.	44.	23	N	8.	3	♏	231.	14	27.	46	21.	ot
La claire en la Lire.	61.	47	N	11.	8	♑	276.	41	38.	32	4.	aj
La queue du Signe.	59.	56	N	1.	18	♑	307.	52	44.	14	20.	aj
La claire de l'Aigle.	29.	21	N	27.	34	♑	294.	6	8.	6	13.	aj

Table des principales étoiles dont la déclinaiſon eſt du côté du Sud, calculée auſſi pour l'année 1700.

	Latitude.			Longitud.			Aſcenſion droite.		Déclin.		Differ. en 100 ans.	
	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
Le milieu des trois Rois dans la ceinture d'Orion.	24.	33	S	19.	19	♊	80.	0	1.	25	6.	ot
Le pied d'Orion, appellé Rigel.	31.	11	S	12.	42	♊	74.	52	8.	33	10.	ot
Fomahan du Verſeau.	21.	0	S	29.	34	♒	340.	6	31.	7	30.	ot
La claire de la premiere corne de *Caper*.	7.	2	N	29.	45	♑	0.	17	13.	23	16.	ot
La claire de la queue de la Baleine.	20.	47	S	28.	21	♓	7.	10	19.	37	34.	ot
Le grand chien, Sirius.	39.	30	S	10.	0	♋	98.	0	16.	15	4.	aj
La luiſante au gouvernail du navire Argo, Canopus.	75.	0	S	9.	55	♋	94.	8	51.	37	1.	aj
Le cœur de l'Hydre.	22.	24	S	23.	11	♌	138.	16	7.	23	25.	aj
L'épi de la Vierge.	1.	59	S	19.	41	♎	197.	23	9.	35	33.	aj
La claire de la balance du Sud.	0.	26	N	10.	56	♎	218.	38	14.	37	27.	aj
Le cœur du Scorpion, Antares.	4.	28	S	5.	38	♐	242.	50	25.	40	16.	aj

Uſage des tables de déclinaiſon des étoiles.

Les étoiles ne changent de longitude pendant cent ans que d'environ 1 d. 26 m. 24 ſecondes; ce qui fait peu de changement dans leurs déclinaiſons: il n'y aura donc qu'à ajouter ou retrancher à leur déclinaiſon la quantité de minutes marquées à côté par rapport au nombre d'années écoulées depuis l'an 1700.

EXEMPLE.

On demande la déclinaiſon de *Capella* en 1726: dans la table elle a 45 degrez 38 minutes de déclinaiſon, laquelle va en augmentant de 10 minutes pour cent ans; il faut donc ajouter le quart de 10 minutes peu plus pour vingt-ſix ans, l'on aura 45 degrez 40 minutes 30 ſecondes de déclinaiſon pour *Capella* en 1726.

Le peu de difference qui ſe trouve dans la déclinaiſon des étoiles en un très-long eſpace de tems, fait qu'il n'y a aucune reduction à faire dans la table, qui par conſequent eſt univerſelle pour les tems & les lieux.

On a joint les longitudes, latitudes & aſcenſions droites de ces mêmes étoiles pour ceux qui voudroient s'en ſervir dans les operations aſtronomiques.

Les planiſpheres celeſtes, dont nous donnons les figures, les conſtructions & les uſages dans notre livre des uſages des globes, & dans un traité particulier ſeront très-propres à augmenter les tables ci-deſſus, & à faire connoître les étoiles.

TABLE ABREGE'E DES AMPLITUDES ORTIVES OU ORIENTALES

Déc. S.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
haut. P.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D 2	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9	01	0	0	11	0	12	0
4	1	0	2	0	3	0	4	1	5	1	6	1	7	1	8	2	9	21	0	2	11	2	12	2
6	1	0	2	1	3	1	4	2	5	2	6	2	7	3	8	4	9	41	0	4	11	4	12	4
8	1	0	2	1	3	2	4	3	5	3	6	4	7	5	8	6	9	6	10	6	11	7	12	7
10	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	8	10	10	11	10	12	11
40	1	18	2	37	3	55	5	14	6	32	7	51	9	9	10	28	11	47	13	6	14	25	15	45
41	1	19	2	39	3	59	5	19	6	38	7	58	9	18	10	38	11	58	13	18	14	39	16	0
42	1	20	2	41	4	2	5	24	6	44	8	5	9	26	10	48	12	9	13	31	14	53	16	15
43	1	22	2	44	4	6	5	29	6	51	8	13	9	35	10	58	12	21	13	44	15	7	16	31
44	1	33	2	47	4	10	5	34	6	58	8	21	9	45	11	9	12	34	13	58	15	23	16	48
45	1	25	2	50	4	15	5	40	7	5	8	30	9	55	11	21	12	47	14	13	15	39	17	6
46	1	26	2	53	4	19	5	46	7	12	8	39	10	6	11	33	13	1	14	29	15	57	17	15
47	1	28	2	56	4	24	5	52	7	21	8	49	10	18	11	46	13	16	14	45	16	15	17	25
48	1	30	2	59	4	29	5	59	7	29	8	59	10	30	12	0	13	28	15	2	16	34	18	6
49	1	32	3	3	4	35	6	6	7	38	9	10	10	42	12	15	13	48	15	21	16	55	18	29
50	1	33	3	7	4	40	6	14	7	48	9	21	10	56	12	30	14	5	15	40	17	16	18	52
51	1	35	3	11	4	46	6	22	7	58	9	34	11	10	12	47	14	24	16	1	17	39	19	17
52	1	37	3	15	4	52	6	30	8	8	9	47	11	25	13	4	14	43	16	23	18	3	19	44
53	1	40	3	20	4	59	6	40	8	20	10	0	11	41	13	22	15	4	16	47	18	29	20	13
54	1	42	3	24	5	6	6	49	8	33	10	15	11	58	13	42	15	26	17	11	18	57	20	43
55	1	45	3	29	5	14	6	59	8	44	10	30	12	10	14	3	15	50	17	37	19	26	21	15
56	1	47	3	35	5	22	7	10	8	58	10	46	12	35	14	25	16	15	18	6	19	57	21	50
57	1	50	3	41	5	31	7	22	9	13	11	4	12	56	14	48	16	42	18	36	20	30	22	27
58	1	53	3	47	5	40	7	34	9	28	11	23	13	18	15	13	17	10	19	8	21	6	23	6
59	1	57	3	53	5	50	7	47	9	45	11	43	13	41	15	41	17	41	19	42	21	45	23	49
60	2	0	4	0	6	1	8	1	10	2	12	4	14	6	16	10	18	9	20	19	22	26	24	34
61	2	4	4	8	6	12	8	16	10	21	12	27	14	34	16	41	18	50	20	55	23	11	25	24
62	2	8	4	16	6	24	8	34	10	42	12	52	15	3	17	15	19	28	21	43	23	59	26	17
63	2	12	4	25	6	37	8	50	11	4	13	19	15	37	17	51	20	5	22	25	24	51	27	15
64	2	17	4	34	6	51	9	9	11	28	13	48	16	8	18	31	20	52	23	20	25	48	28	19
65	2	21	4	45	7	7	9	30	11	54	14	19	16	46	19	14	21	43	24	10	26	50	29	28

VOus voyez que 2 degrez d'élevation de pole & 1 degré de déclinaiſon du ſoleil donne 1 degré 0 minute d'amplitude ortive & occaſe; partant que le ſoleil ſous cette latitude ou hauteur de pole avec la déclinaiſon ſuſdite ſe leve 1 degré plus loin que le veritable Eſt vers le Nord, & ſe couche 1 degré plus loin que le veritable Oueſt vers le Nord, quand il eſt dans les ſignes ſeptentrionaux, ou que ſa déclinaiſon eſt ſeptentrionale; car ſi elle eſt meridionale, il ſe levera 1 degré en s'approchant du veritable Eſt vers le Sud, & ſe couchera de même 1 degré en s'approchant du veritable Oueſt vers le Sud.

Si on vouloit augmenter cette table des amplitudes depuis 10 degrez juſqu'à 40 degrez, ou depuis 65 degrez juſqu'à 90 degrez, pour s'en ſervir par rapport aux aſtres qui ſont vers l'équateur & les poles du monde, il faut faire cette regle de trois ou analogie:

Comme le ſinus complement de la hauteur du pole
Eſt au ſinus de la déclinaiſon;
Ainſi le ſinus total
Eſt au ſinus de l'amplitude qu'on cherche.

ET OCCASES OU OCCIDENTALES, du Soleil & des Etoiles, répondant à leurs déclinaisons, & aux hauteurs polaires.

Déc.S.	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		23 & demi	
haut.P	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D 2	13	0	14	0	15	0	16	1	17	1	18	1	19	1	20	1	21	1	22	1	23	1	23	31
4	13	2	14	2	15	2	16	3	17	3	18	3	19	3	20	3	21	3	22	5	23	4	23	34
6	13	4	14	5	15	5	16	6	17	6	18	6	19	7	20	7	21	7	22	9	23	8	23	38
8	13	8	14	9	15	9	16	10	17	10	18	11	19	12	20	12	21	13	22	13	23	14	23	46
10	13	12	14	13	15	14	16	15	17	16	18	17	19	18	20	19	21	20	22	21	23	23	23	53
40	17	5	18	25	19	45	21	5	22	26	23	47	25	9	26	31	27	54	29	17	30	40	31	22
41	17	20	18	42	20	3	21	25	22	48	24	1	25	33	26	57	28	23	29	46	31	11	31	54
42	17	37	19	0	20	23	21	46	23	10	24	34	25	59	27	24	28	50	30	16	31	43	32	27
43	17	55	19	19	20	43	22	8	23	34	25	0	26	26	27	53	29	20	30	49	32	18	33	2
44	18	13	19	39	21	5	22	32	23	59	25	26	26	55	28	23	29	53	31	23	32	54	33	40
45	18	33	20	0	21	28	22	57	24	25	25	55	27	25	28	56	30	27	31	59	33	33	34	20
46	18	54	20	23	21	53	23	22	24	53	26	25	27	57	29	30	31	3	32	38	34	14	35	2
47	19	17	20	47	22	18	23	50	25	23	26	57	28	31	30	6	31	42	33	19	34	57	35	47
48	19	39	21	12	22	45	24	19	25	55	27	30	29	7	30	44	32	23	34	3	35	44	36	35
49	20	3	21	38	23	15	24	51	26	28	28	6	29	45	31	25	33	7	34	49	36	33	37	26
50	20	29	22	7	23	45	25	24	27	7	28	44	30	26	32	9	33	53	35	39	37	26	38	21
51	20	50	22	37	24	17	25	59	27	41	29	24	31	9	32	55	34	43	36	32	38	23	39	19
52	21	16	23	8	24	52	26	36	28	21	30	6	31	57	33	45	35	36	37	29	39	23	40	22
53	21	57	23	42	25	28	27	16	29	4	30	53	32	45	34	39	36	33	38	30	40	49	41	30
54	22	30	24	18	26	7	27	58	29	50	31	43	33	38	35	35	37	34	39	36	41	40	42	43
55	23	5	24	57	26	49	28	43	30	39	32	36	34	35	36	37	38	40	40	47	42	56	44	3
56	23	43	25	38	27	34	29	32	31	32	33	33	35	36	37	42	39	51	42	4	44	19	45	30
57	24	24	26	22	28	29	30	24	32	28	34	34	36	43	38	54	41	10	43	27	45	50	47	4
58	25	7	27	10	29	14	31	20	33	29	35	40	37	54	40	12	42	33	44	59	47	30	48	48
59	25	53	28	5	30	10	32	21	34	35	36	52	39	12	41	37	44	6	46	40	49	21	50	44
60	26	46	28	56	31	10	33	27	36	25	38	10	40	38	43	10	45	47	48	31	51	24	52	53
61	27	39	29	56	32	16	34	39	37	5	39	56	42	11	44	52	47	40	50	36	53	42	55	20
62	28	38	31	1	33	27	35	57	38	31	41	10	43	54	46	46	49	46	52	56	56	20	58	9
63	29	42	32	12	34	46	37	23	40	5	42	54	45	49	48	53	52	8	55	30	69	24	61	26
64	30	52	33	30	36	15	38	58	41	50	44	49	47	57	51	17	54	50	58	43	53	3	65	27
65	32	10	34	55	37	46	40	43	43	46	46	59	50	23	54	2	58	0	62	26	67	36	70	39

Tout de même on aura la déclinaison du soleil, si on connoît & l'élevation du pole & l'amplitude ou orientale ou occidentale, en faisant cette analogie :

Comme le sinus total de l'horison
Est au sinus du complement de l'élevation du pole ;
Ainsi le sinus de l'amplitude orientale ou occidentale
Est au sinus de la déclinaison du soleil.

Par la même raison on aura l'élevation du pole, si on connoît la déclinaison du soleil & l'amplitude orientale ou occidentale, en faisant cette analogie :

Comme le sinus de l'amplitude orientale ou occidentale
Est au sinus de la déclinaison du soleil ;
Ainsi le sinus total de l'horison
Est au sinus du complement de l'élevation du pole.

EXEMPLE.

Le soleil se leve & a 20 degrez de déclinaison septentrionale, le pole élevé de 40 degrez au-dessus de l'horison. On demande l'amplitude ortive: Cherchez au haut de la table la déclinaison de 20 degrez, & à côté dans la colonne des hauteurs de pole 40 degrez, conduisez le doit horisontalement jusque sous le carreau de la déclinaison vous trouverez 40 degrez 49 minutes d'amplitude ortive. Et par le calcul:

Le sinus de 50 degrez, complement de la hauteur du pole ... 76604, le sinus de 20 degrez, ou de la déclinaison 34202 ... sinus total 100000. Multipliez 34202 par 100000, le produit 3420200000 divisé par 76604 viendra au quotient 44647, sinus de 26 degrez 31 minutes pour l'amplitude cherchée.

Par les logarithmes... 9.8842540 pour le sinus de 50 d. de hauteur de pole.
Ajoutez ensemble 9.5340517 pour le sinus de 20 d. de déclinaison.
ces 2 derniers logar. 10.0000000 pour le sinus total.
19.5340517 Total des deux moyens termes.

Otez-en le premier restera 9.6497977 logarithme de 26 degrez 31 minutes, comme on le peut voir dans la table des sinus, tangentes, secantes & logarithmes que nous ajoutons ici pour ne rien laisser à desirer sur cet article, d'autant plutôt que nous y avons souvent renvoyé, & cela arrivera encore dans le traité des cadrans solaires.

Si on veut augmenter cette table des sinus, & la faire pour les demi-degrez ou 6mes parties de degrez, c'est-à-dire la supputer de 10 en 10 minutes, il faut prendre la difference des nombres qui répondent aux degrez immédiatement au-dessus & au-dessous des degrez & minutes que l'on cherche, & on fait la regle de trois comme nous avons fait pour reduire les déclinaisons.

Exemple. On demande le sinus de 48 degrez 24 min. on trouve le sinus de 48 degrez 74314, celui de 49 degrez 75471, la difference est 1157. Faites cette analogie: Comme 60 minutes sont à 1157, aussi 24 minutes sont à 462. Multipliez 1157 par 24, divisez le produit par 60 viendra au quotient 462, qu'il faudra ajouter à 74314, sinus de 48 degrez, pour avoir 74776 sinus de 48 degrez 24 minutes, ainsi des tangentes, secantes, & de leurs logarithmes.

Que si on veut avoir le sinus logarithm. d'une fraction, *par exemple*, de 30 deg. 45 min. cherchez la difference entre les logarithmes de 30 & 31 deg. qui sera 0.0128693, laquelle divisée en 4 pour les minutes de 15 en 15 donnera 32173 pour 15 min. & 96519 environ pour 45 m. Cette somme ajoutée au logarithme de 30 deg. donnera 9.7086219 pour sinus logarith. de 30 d. 45 m. Ou bien faites cette analogie: comme 60, nombre des minutes d'un degré, est à 0.0128693, difference entre le sinus logarithm. de 30 à 31 degrez; ainsi 45, nombre des minutes, dont on veut ajouter le logarithme à 30 degrez, est au 4me nombre qu'on cherche; le quotient donnera 96519 comme ci-dessus, qu'il faut ajouter au logarithme de 30 degrez: le total sera 9.7086319 pour le sinus logarithme de 30 degrez 45 minutes. Cette operation n'est pas géometrique, mais elle est universelle & sans erreur bien sensible.

D.	Sinus	Tang.	Secant.	Log. sin.	Log. tang.	D.	Sinus	Tangen.	Secante	Log. sin.	Log. tang.
0	0	0	100000	0	0	90	100000	Infinit	Infinit	10.0000000	Infinit
1M	29	29	100000	6.4637261	6.4637261	59'	99999	343774667	343774682	9.9999999	13.5362739
1	1745	1745	100015	8.2418553	8.2419215	89	99984	5728996	3729868	9.9999338	11.7580785
2	3490	3492	100061	8.5428192	8.5430838	88	99939	2863625	2865371	9.9997354	11.4569162
3	5234	5241	100137	8.7188002	8.7193958	87	99863	1908114	1910732	9.9994044	11.2806042
4	6976	6993	100244	8.8435845	8.8446437	86	99756	1430067	1433559	9.9989408	11.1553563
5	8716	8749	100382	8.9402960	8.9419518	85	99619	1143005	1147371	9.9983442	11.0580482
6	10453	10510	100551	9.0192346	9.0216202	84	99452	951436	956677	9.9976143	10.9783798
7	12187	12278	100751	9.0858945	9.0891438	83	99255	814435	820551	9.9967507	10.9108562
8	13917	14054	100983	9.1435553	9.1478025	82	99027	711537	718530	9.9957528	10.8521975
9	15643	15838	101247	9.1943324	9.1997125	81	98769	631375	639245	9.9946199	10.8002875
10	17365	17633	101543	9.2396702	9.2463188	80	98481	567128	575877	9.9933515	10.7536812
11	19081	19438	101872	9.2805988	9.2886523	79	98163	514455	524084	9.9919466	10.7113477
12	20791	21256	102234	9.3178789	9.3274745	78	97815	470463	480973	9.9904044	10.6725255
13	22495	23087	102630	9.3520880	9.3633641	77	97437	433148	444541	9.9887239	10.6366359
14	24192	24933	103061	9.3836752	9.3967711	76	97030	401078	413357	9.9869041	10.6032289
15	25882	26795	103528	9.4129962	9.4280525	75	96593	373205	386370	9.9849438	10.5719475
16	27564	28675	104030	9.4403381	9.4574964	74	96126	348741	362796	9.9828416	10.5425036
17	29237	30573	104569	9.4659353	9.4853390	73	95630	327085	342030	9.9805963	10.5146610
18	30902	32492	105146	9.4899824	9.5117760	72	95106	307768	323607	9.9782063	10.4882240
19	32557	34433	105762	9.5126419	9.5369719	71	94552	290421	307155	9.9756701	10.4630281
20	34202	36397	106418	9.5340517	9.5610659	70	93969	274748	292380	9.9729858	10.4389341
21	35836	38386	107115	9.5543292	9.5841774	69	93358	260508	279043	9.9701517	10.4158226
22	37461	40403	107853	9.5735754	9.6064096	68	92718	247509	266947	9.9671659	10.3935904
23	39073	42447	108636	9.5918780	9.6278519	67	92050	235585	255930	9.9640261	10.3721481
24	40674	44523	109464	9.6093133	9.6485831	66	91355	224604	245859	9.9607302	10.3514169
25	42262	46631	110338	9.6259483	9.6686725	65	90631	214451	236620	9.9572757	10.3313275
26	43837	48773	111260	9.6418420	9.6881818	64	89879	205030	228117	9.9536602	10.3118182
27	45399	50953	112233	9.6570468	9.7071659	63	89101	196261	220269	9.9498809	10.2928341
28	46947	53171	113257	9.6716093	9.7256744	62	88295	188073	213005	9.9459349	10.2743256
29	48481	55431	114335	9.6855712	9.7437520	61	87462	180405	206267	9.9418193	10.2562480
30	50000	57735	115470	9.6989700	9.7614394	60	86603	173205	200000	9.9375306	10.2385606
31	51504	60086	116663	9.7118393	9.7787737	59	85717	166428	194160	9.9330656	10.2212263
32	52992	62487	117918	9.7242097	9.7957892	58	84805	160033	188708	9.9284205	10.2042108
33	54464	64941	119236	9.7361088	9.8125174	57	83867	153986	183608	9.9235914	10.1874826
34	55919	67451	120622	9.7475617	9.8289874	56	82904	148256	178829	9.9185742	10.1710126
35	57358	70021	122077	9.7585913	9.8452268	55	81915	142815	174345	9.9133645	10.1547732
36	58779	72654	123607	9.7692187	9.8612610	54	80902	137638	170130	9.9079576	10.1387390
37	60181	75355	125214	9.7794630	9.8771144	53	79864	132704	166164	9.9023486	10.1228856
38	61566	78129	126902	9.7893420	9.8928098	52	78801	127994	162427	9.8965321	10.1071902
39	62932	80978	128676	9.7988719	9.9083692	51	77715	123490	158902	9.8905026	10.0916308
40	64279	83910	130541	9.8080675	9.9238135	50	76604	119175	155572	9.8842540	10.0761865
41	65606	86929	132501	9.8169429	9.9391631	49	75471	115037	152425	9.8777799	10.0608369
42	66913	90040	134563	9.8255109	9.9544374	48	74314	111061	149448	9.8710735	10.0455626
43	68200	93252	136733	9.8337833	9.9696559	47	73135	107237	146628	9,8641275	10.0303441
44	69466	96569	139016	9.8417713	9.9848372	46	71934	103553	143956	9.8569341	10.0151628
45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000	45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000

rumbs.	Sinus	Tang.	Secant.	Log. sin.	Log. tang.	rumbs.	Sinus	Tangen.	Secante	Log. sin.	Log. tang.
1	19508	19891	10195[illegible]	9.2902357	9.2986618	5	83147	149661	179995	9.9198464	10.1751074
2	38268	41421	10823[illegible]	9.5828397	9.6172243	6	92388	241421	261313	9.9656153	10.3827757
3	55557	66818	120269	9.7447390	9.8248926	7	98079	502734	512583	9.9915739	10.7013382

N.	Logarith.	N.	Logarith.
1	0.0000000	51	1.7075702
2	0.3010300	52	1.7160033
3	0.4771314	53	1.7242759
4	0.6020600	54	1.7323938
5	0.6989700	55	1.7403627
6	0.7781512	56	1.7481880
7	0.8450980	57	1.7558749
8	0.9030900	58	1.7634280
9	0.9542425	59	1.7708520
10	1.0000000	60	1.7781512
11	1.0413927	61	1.7853298
12	1.0791812	62	1.7923917
13	1.1139433	63	1.7993405
14	1.1461280	64	1.8061800
15	1.1760913	65	1 8129134
16	1-2041200	66	1.8195439
17	1.2304489	67	1.8260748
18	1.2552725	68	1.8325089
19	1.2787536	69	1.8388491
20	1.3010300	70	1.8450980
21	1.3222193	71	1.8512583
22	1,3424227	72	1.8573325
23	1,3617278	73	1,8633229
24	1.3802112	74	1,8692317
25	1.3979400	75	1.8750613
26	1.4149733	76	1.8808136
27	1.4313638	77	1.8864907
28	1.4471580	78	1,8920946
29	1,4623980	78	1,8976271
30	1.4771213	80	1.9030900
31	1.4913617	81	1.9084850
32	1.5051500	82	1.9138138
33	1.5185139	83	1.9190781
34	1.5314789	84	1,9242793
35	1.5440680	85	1.9294189
36	1.5563025	86	1.9344984
37	1.5682017	87	1.9395192
38	1.5797836	88	1.9444827
39	1.5910646	89	1.9493900
40	1.6020600	90	1.9542425
41	1.6127839	91	1.9590414
42	1.6232493	92	1.9637878
43	1.6334685	93	1.9684829
44	1.6434527	94	1,9731279
45	1.6532125	95	1.9777236
46	1.6627578	96	1.9822712
47	1.6720979	97	1.9867717
48	1,6812412	98	1,9912261
49	1.6901961	99	1.9956352
50	1.6989700	100	2,0000000

Pour avoir le Logarith. d'un nombre pair omis en cette 3e colonne, par exemple, du nombre 148
ajoutez à 1.8692317 Logarith. de 74 moitié de 148.
0.3010300 Logarith. de 2. vous aurez en total 2.1702617 Logarith. cherché du nomb. 148.

Au contraire pour avoir le nombre du même Logarith. omis en cette 3e colonne, ôtez 2.1702617 Logarith. donné,
0.3010300 Logarith. de 2 restera 1.8692317 Logarith.
de 74; lequel nombre multiplié par 2 dont on a ôté le Logarith. donnera 148 pour nombre cherché.

N.	Log. 2 en 2
101	2.0043214
103	2.0128372
105	2.0211893
107	2.0293838
109	2.0374265
111	2.0453230
113	2.0530784
115	2.0606978
117	2.0681859
119	2.0755470
121	2.0827854
123	2.0889051
125	2.0969100
127	2.1038037
129	2.1105897
131	2.1172713
133	2.1238516
134	2.1303338
137	2.1367206
139	2.1430148
141	2.1492191
143	2.1553360
145	2.1613680
147	2.1673173
149	2.1731863
151	2.1789769
153	2.1846914
155	2.1903317
157	2.1958996
159	2.2013971
161	2.2068259
163	2.2121876
165	2.2174839
167	2.2227165
169	2.2278867
171	2.2329961
173	2.2380461
175	2.2430380
177	2.2479733
179	2.2528530
181	2.2576786
183	2.2624511
185	2.2671717
187	2.2718416
189	2,2764618
191	2.2810334
193	2.2855573
195	2.2900346
197	2.2944662
199	2.2988531

Pour avoir les Log. des nomb. pairs omis colonnes 4e & 5e, faites comme à la colonne 3e. Mais pour avoir les Log. des nomb. impairs qui finissent par 5, comme par exemple, du n. 275 ajoutez à 1.7403627 Log. de sa 5e partie
0.6989700 Log. du n. 5 vous aurez le total 2.4393327. Log. du n. 275 cherché.

Et pour les nombres impairs, terminez par 1.3.7. ou 9, comme par exemple du nomb. 243 ajoutez à 1.9084850 Logarith. de sa 3e partie
0.4771213 Logarith. du nomb. 3.
vous aurez le total 2.3856063 Log. du nomb. 243 proposé.

N.	Log. abreg.	N.	Log. abreg.
201	2.3031961	343	2.5352941
203	2.3074960	347	2.5403295
207	2.3159703	349	2.5428254
209	2.3201463	353	2.5477747
211	2.3242825	359	2.5550944
213	2.3283796	361	2.5575072
217	2.3364597	367	2.5646661
219	2.3404441	371	2.5693739
221	2.3443923	373	2.5717088
223	2.3483049	377	2.5763413
227	2.3560259	379	2.5786392
229	2.3598355	383	2.5831988
231	2.3636120	389	2.5899496
233	2.3673559	391	2.5921768
237	2.3747483	397	2.5987905
239	2.3783979	401	2.6031444
241	2.3820170	403	2.6053050
247	2.3926970	407	2.6195944
249	2.3961993	409	2.6117233
251	2.3996737	413	2.6159500
253	2.4031205	419	2.6222140
257	2.4099331	421	2.6242821
259	2.4132998	427	2.6304279
261	2.4166405	431	2.6344773
263	2.4199557	433	2.6364879
267	2.4265113	437	2.6404814
269	2.4297523	439	2.6424645
271	2.4329693	443	2.6646037
273	2.4361626	449	2.6522463
277	2.4424798	451	2.6541765
279	2.4456042	457	2.6599162
281	2.4487063	461	2.6637009
283	2.4517864	463	2.6655810
287	2.4578819	467	2.6693169
289	2.4608978	469	2.6711728
291	2.4638930	473	2.6748611
293	2.4668676	479	2.6803355
297	2.4727564	481	2.6821451
299	2.4756712	487	2.6875290
301	2.4785665	491	2.6910815
307	2.4871384	497	2.6963564
311	2.4927604	499	2.6981005
313	2.4955443	500	2.6989700
317	2.5010593	600	2.7781512
319	2.5037907	700	2.8450980
323	2.5092025	800	2.9030900
329	2.5171959	900	2.9542425
331	2.5198280	1000	3.0000000
337	2.5276299	2000	3.3010300
341	2.5327544	4000	3.6020600

Au contraire pour avoir les nombres des Logarith. omis en ces 4e & 5e colonnes, du Logarith. donné, ôtez le Logarith. de 2. ou de 3, ou de 4 ou de 5, comme on verra que le Logarith. donné devra être placé en ces colonnes 4e & 5e. Exemple, on cherche le nombre du Logarith. 2.6618127 il est dans ces colonnes après 457; pour le chercher entre les impairs, ôtez-en 0.4771213 Logarith. de 3, restera 2.1846914 Logarith. de 153, lequel nombre multiplié par 3 donnera 459 pour nombre cherché.
Autre exemple, on cherche le nombre du Log. 2.6042261, il est dans les colonnes 4e & 5e entre 401&403; donc pair, par consequent ôtez-en 0.3010300 Log. de 2 restera 2.3031961 Log. de 201, lequel multiplié par 2 dont on a ôté le Log. donnera 402 pour le nombre cherché.

Pour avoir les fractions des logarithmes des nombres naturels, *par exemple*, de 57 trois quarts, cherchez dans la table des logarithmes la difference entre le logarithme de 57 & celui de 58, qui sera 75531, & faites cette analogie: Comme 4 est à 75531; ainsi 3 est au 4e terme qu'on cherche: le quotient donnera 56648, pour logarith. de trois quarts; lequel quotient ajouté au logarithme ci-dessus de 47, donnera 1.7615397 pour logarithme de 57 trois quarts. C'est ainsi qu'on trouve les logarithmes des nombres indivisibles par des entiers, comme de 501, en ajoutant au logarithme de 500, la moitié de la difference entre ce logarithme de 500 & celui de 502. Au contraire ayant le logarithme ci-dessus 1.7615397, vous en aurez le nombre & sa fraction, en ôtant 1.7558740 logarithme de 57 moindre & plus voisin de cette somme en la table, restera 56648 pour la fraction qu'on trouvera en faisant cette regle: 75531 ... 4 ... 56648, le quotient sera 3 à ajouter à 57, & vous aurez 57 trois quarts cherché. Cette methode convient aux fractions des sinus, tangentes, &c. & est universelle sans grande erreur.

CHAP. II.

CHAPITRE II.

De la construction & usage des instrumens qui servent à observer la hauteur des astres.

De l'astrolabe de mer.

LE plus ordinaire des instrumens pour prendre hauteur en mer, est l'astrolabe. C'est un cercle de cuivre d'environ un pied de diametre, & de 6 à 7 lignes d'épaisseur, afin qu'il ait du poids : quelquefois on y attache encore un poids de 5 à 6 livres à l'endroit marqué B, afin qu'étant suspendu par son anneau A, qui doit être bien mobile, il se puisse tourner facilement de toutes parts, & garder la situation perpendiculaire pendant les mouvemens du navire.

XXIII. Planche. Fig. 4.

Il est divisé en 4 fois 90 d. & fort souvent en demis & quarts de degré.

Il est absolument nécessaire que la ligne droite CD, qui represente l'horison, soit parfaitement de niveau, afin d'y pouvoir commencer la division du cercle. Pour l'examiner il faut observer par les fentes ou les petits trous des pinules FG, qui sont attachées vers les extremitez de l'alidade qui tourne librement par le moyen d'un clou à tête autour du centre E, il faut, dis-je, observer un même objet éloigné, en mettant l'œil à l'une desdites pinules; après avoir tourné l'astrolabe si le même objet se voit toutes les deux fois sans changer l'alidade, c'est une marque que la ligne de foi convient avec l'horison. Mais si pour voir une seconde fois le même objet il faut mouvoir l'alidade, c'est-à-dire, la hausser ou baisser, le point milieu entre ces deux positions marquera la vraie ligne horisontale, passant par le centre de l'instrument; ce qu'il sera bon de verifier par plusieurs observations réiterées avant que de commencer la division qui se fera de la maniere que nous avons expliqué ci-devant.

Usage de l'astrolabe.

POur observer la hauteur des astres sur l'horison, & leur distance du zénith qui en est le complément.

Pour cet effet on suspend l'astrolabe par son anneau & on tourne son côté vers l'astre, en haussant un des bouts de l'alidade F, jusqu'à ce que le rayon de l'astre passe par les deux pinules FG; alors l'alidade marquera par ses extremitez, autour du cercle divisé, la hauteur de l'astre H, depuis C jusqu'en F, compris entre le rayon horisontal EC, & le rayon de l'astre EF, parce que cet instrument dans cette situation represente un vertical. La division BG ou AF marquera la distance de l'astre au zénith.

Construction de l'anneau.

CEtte figure represente un anneau ou cercle de cuivre. Il se fait de 8 à 10 pouces de diametre; il est nécessaire qu'il soit d'une bonne épaisseur, afin qu'étant plus pesant il conserve mieux sa situation perpendicu-

Fig. 5.

laire ; la division se marque dans sa surface concave. Il y a un petit trou en C, qui traverse l'anneau parallelement à son plan. Ce trou est éloigné de 45 degrez du point de suspension B, & il est le centre d'un quart de cercle DE, divisé en 90 degrez. Un de ses rayons CE est parallele au diametre vertical BH, point de suspension ; & l'autre rayon horisontal est perpendiculaire au même diametre.

Nous ne disons rien ici de la précision avec laquelle on doit avoir ce diametre. L'habileté de l'ouvrier y suppléera facilement. Ensuite on tire des rayons du centre C à tous les degrez du quart de cercle DE, pour les marquer dans la surface intérieure de l'instrument, depuis F jusqu'en G. On peut faire cette division à part sur un plan, puis la transporter bien exactement dans la concavité du cercle.

Ce qui fait estimer cet instrument est que les degrez de la division sont plus grands à proportion de sa grandeur, que ceux de l'astrolabe.

Usage de l'anneau.

POur s'en servir il faut le suspendre par la boucle B, & le tourner vers le soleil A, en sorte que son rayon passe par le trou C.

Il marquera au fond de l'anneau de F en I, les degrez de la hauteur du soleil entre le rayon horisontal CF, & le rayon de l'astre CI : la partie IHG, marquera sa distance au zénith, entre le rayon CI & le rayon vertical CG.

Du quart de cercle.

Fig. 6. L'Instrument marqué par la figure sixiéme est un quart de cercle d'environ un pied de rayon. Il est divisé en 90 degrez & souvent de 5 en 5 minutes par des transversales. Il y a deux pinules sur un de ses rayons AE. Le fil où est attaché le plomb est arrêté au centre A. Nous ne nous étendrons pas sur la construction de cet instrument, en ayant suffisamment parlé au chapitre V, du livre IV. qui traite de la construction du quarré géométrique.

Pour s'en servir il faut le tourner vers l'astre D, de maniere que son rayon DAB passe par les deux pinules A & B : alors le fil à plomb qui doit raser librement les degrez du quart de cercle, marquera en C les degrez de la hauteur du soleil depuis B jusqu'en C, & son complément depuis C jusqu'en E.

De l'arbalestrille.

Fig. 7. CEt instrument est composé de deux pieces, dont l'une qui est d'environ trois pieds de long, s'appelle la fléche, & l'autre qui est plus courte, le marteau.

La fléche AB est une piece d'ébeine bien quarrée en tout sens, de 6 à 7 lignes de grosseur, & bien égale en toute sa longueur.

Le marteau CD est une piece de bois de poirier bien unie & applanie d'un côté, laquelle a un trou quarré justement dans son milieu, qui doit être plus épais, afin que la fléche glissant dans ce trou, soit plus ferme & s'y tienne perpendiculaire au marteau.

La fléche doit être divisée en sa longueur, en degrez & minutes sur

chacune de ses quatre faces, lesquelles ne different entre elles que dans la grandeur de leurs degrez, proportionnez à la differente grandeur des marteaux; car chaque face doit avoir son marteau particulier.

Le commencement de la division se fait vers A, où se place l'œil de l'observateur, mais à distance d'environ demi-pouce du bout de la fléche, à cause de la convexité du globe de l'œil, car c'est à son centre que les principaux rayons des objets se vont croiser.

Le point fixe du commencement de la division doit commencer aû centre prolongé du milieu du bâton de la fléche, c'est-à-dire que plus le bâton est gros & plus le centre est éloigné; il faut pour cela tirer une ligne du centre du bâton, & quatre lignes du bout des quatre faces, le point où ils aboutiront sera l'endroit où doivent commencer les divisions, & où on doit placer l'œil.

Si donc on veut diviser la face A B pour servir au plus grand marteau C D, il faut chercher dans les tables calculées les tangentes des degrez du cercle dont le rayon est égal à la moitié dudit marteau, & du point A, les transporter sur la face A B, & marquer sur chaque division le nombre qui convient aux tangentes du complément de la moitié de l'arc que l'on veut marquer, par le moyen d'une échelle de mille parties qui soit égale à la moitié dudit marteau.

Si, par exemple, on veut marquer sur la fléche le point de 90 degrez sa moitié est 45, & son complément aussi 45, dont la tangente est égale au rayon; c'est pourquoi la moitié du marteau sera précisément égale à la distance depuis le bout de l'œil A; jusqu'au point de 90 degrez car le demi-marteau est le rayon d'un cercle dont les tangentes sont contenues dans la fléche, comme il est aisé de voir par la figure 8me.

Pareillement si on veut y marquer le point de 80 degrez dont, la moitié est 40, & son complément 50, cherchez la tangente de 50 degrez, & vous trouverez 119175, duquel nombre il faut retrancher les deux dernieres figures à cause que nous avons supposé le rayon ou demi-marteau de mille parties égales, au lieu des 100000 qui sont assignées au rayon des tables. Cette tangente sera donc presque 1192, & ayant pris sur l'échelle 192 parties, il faudra les porter au-delà du point de 90 degrez, pour marquer 80 degrez sur la fléche. De même pour y marquer 70 degrez la moitié est 35, & son complément 55, dont la tangente est 1428. Il faudra porter l'étendue de 428 parties égales, prises sur l'échelle, depuis le point de 90 deg. pour marquer sur la fléche 70 degrez, & ainsi de tous les autres degrez & minutes, tant que la fléche en pourra contenir.

Mais si la moitié du grand marteau est de 10 pouces, & la fléche de deux pieds six pouces, on ne pourra pas marquer sur la face qui lui convient les degrez au-dessous de 40, parce que la tangente du complément de 20 degrez qui est 70 degrez est de 2747 parties, c'est-à-dire, presque trois fois le rayon.

La moitié du second marteau étant supposée de 6 à 7 pouces, on pourra marquer les degrez sur la face qui lui convient depuis 90 deg. jusqu'à 30.

Si la moitié du 3me marteau est de 4 à 5 pouces, on pourra marquer sur la face qui lui convient les degrez depuis 90 jusqu'à 20. Enfin le 4me, & plus petit marteau est de deux pouces & demi, on pourra marquer sur la face qui lui convient les degrez depuis 90 jusqu'à 10.

Pour les grandes hauteurs on se sert des grands marteaux, parce que les divisions en sont plus justes; & pour les moindres hauteurs il faut se servir des petites marteaux.

Pour trouver la face qui convient à un marteau, il n'y a qu'à presenter sa moitié sur la fléche; si elle se trouve égale à la distance depuis l'extremité appellée le bout de l'œil, jusqu'à 90 degrez, on aura la face convenable au marteau.

On peut aussi marquer méchaniquement les degrez sur la fléche en la maniere suivante.

Fig. 7. Il faut faire un grand quart de cercle dont le rayon soit aussi grand que la fléche A B. Ce quart de cercle doit être divisé en degrez & minutes de 10 en 10; & après avoir passé la fléche dans son marteau C D, en sorte que le plat dudit marteau soit tourné vers l'extremité A de la fléche, on l'appliquera sur le quart de cercle, de sorte que le bout A réponde exactement sur le centre du quart de cercle, & que le bout D du marteau soit toujours sur le rayon A F. On approchera doucement le marteau C D du bout A, jusqu'à ce que son autre extremité C touche le rayon A M, qui passe par le degré que l'on veut marquer sur la fléche, lequel degré on marquera à l'endroit où rasera le marteau au point E, & l'on continuera de rapporter le marteau du centre A le long du rayon A D F; jusqu'à ce qu'il touche successivement les rayons de tous les degrez, pour les marquer sur une colonne le long de la fléche A B, en augmentant à mesure qu'ils approchent du bout A. On marquera aussi les degrez de complément sur la même face, sur une autre colonne, lesquels vont en diminuant de B vers A. On pourra mettre un fil au centre A, pour servir de rayon comme A M, en le tendant successivement sur tous les degrez, à mesure qu'on lui fera toucher le bout C du marteau.

On fera la même chose sur les autres faces pour y marquer les divisions, suivant les differens marteaux. La petite figure P fait voir un marteau vû de face avec son trou.

Voici aussi une table toute calculée pour diviser une fléche dont le demi marteau est supposé de 1000 parties égales.

Table des parties égales dont le demi-marteau en contient 1000, lesquelles parties on doit prendre depuis l'extremité A de la fléche qui est le bout de l'œil, jusqu'à chacun de ses degrez.

D.	Parties	D.	Parti.	D.	Parti.	D.	Parti.	D.	Parti.	D.	Parti.
1	114589	16	7115	31	3606	46	2356	61	1698	76	1280
2	57290	17	6691	32	3487	47	2300	62	1664	77	1257
3	38188	18	6314	33	3376	48	2246	63	1632	78	1235
4	28636	19	5976	34	3271	49	2194	64	1600	79	1213
5	22904	20	5671	35	3172	50	2144	65	1570	80	1192
6	19081	21	5395	36	3078	51	2097	66	1540	81	1171
7	16350	22	5145	37	2989	52	2050	67	1511	82	1150
8	14301	23	4915	38	2904	53	2006	68	1483	83	1130
9	12706	24	4705	39	2824	54	1963	69	1455	84	1111
10	11430	25	4511	40	2747	55	1921	70	1428	85	1091
11	10385	26	4331	41	2675	56	1881	71	1402	86	1072
12	9514	27	4165	42	2605	57	1842	72	1376	87	1054
13	8777	28	4011	43	2539	58	1804	73	1351	88	1036
14	8144	29	3867	44	2475	59	1767	74	1327	89	1018
15	7596	30	3732	45	2414	60	1732	75	1303	90	1000

Usage de l'arbaleſtrille.

POur obſerver la hauteur d'un aſtre pardevant avec l'arbaleſtrille, il faut après avoir paſſé le marteau dans la fléche du côté de ſa face, ſon côté plat vers le bout de l'œil A, appuyer ce même bout à côté de l'œil & regarder l'horiſon ſenſible par le bout d'en-bas D du marteau D C, ſuivant le rayon viſuel horiſontal A D F, en faiſant gliſſer le marteau le long de la fléche en l'approchant ou le reculant de l'œil, juſqu'à ce que l'on voie l'aſtre par le bout C du marteau, & alors il marquera ſur la fléche les degrez de la hauteur de l'aſtre, ſur la colonne qui va en augmentant vers 90, ou vers le bout de l'œil A; il marquera auſſi vis-à-vis la diſtance de l'aſtre au zénith ou le complément de ſa hauteur ſur l'autre colonne qui va en diminuant vers le même bout de l'œil A. Ainſi plus l'aſtre ſera élevé ſur l'horiſon plus le marteau s'approchera de l'œil; au contraire plus il s'en éloignera, moins l'aſtre ſera élevé : d'où vous conclurez que la partie de la fléche du côté de l'œil eſt vuide de marques juſqu'à la longueur du demi-marteau dont on ſe ſert.

L'on prend hauteur pardevant aux étoiles & au ſoleil, lorſque ſes rayons n'ont guere de force à cauſe de quelque nuage, en mettant un morceau de verre bruni au-devant de l'œil pour le conſerver des rayons du ſoleil.

Pour obſerver la hauteur du ſoleil par derriere avec l'arbaleſtrille, il faut mettre le plat du grand marteau à la place de l'œil en A, de ſorte que le plat du marteau ſoit au point où on ſuppoſe l'œil quand on obſerve pardevant, & le plat dudit marteau tourné en dehors de la fléche; enſuite on paſſera dans la fléche le plus petit des quatre marteaux, ſon côté plat vers le grand marteau. On ajoutera ſi on veut au bout d'en-bas D du grand marteau une eſpece de pinule de cuivre, dont la fente ſoit parallele au plan de l'horiſon; de plus on fait ordinairement le petit marteau en croix, dont les croiſillons ou traverſes *a a* ſont coupez au milieu de l'épaiſſeur de la fléche comme vous voyez en la figure 11.

L'arbaleſtrille étant ainſi préparée, il faut tourner le dos au ſoleil & regarder l'horiſon ſenſible par la pinule D, & par deſſous la traverſe qui eſt au milieu du petit marteau; en regardant ainſi l'horiſon on approchera ou reculera ce petit marteau juſqu'à ce que l'ombre du bout C du grand marteau ſe termine ſur la traverſe *a a* du petit marteau, à l'endroit qui répond au milieu de la groſſeur de la fléche; alors le petit marteau marquera ſur la fléche les degrez de la hauteur du ſoleil & de ſon complément.

On ſe ſert le plus ſouvent de cette ſeconde maniere, qui eſt d'obſerver la hauteur de l'aſtre par derriere, parce qu'en ce cas l'œil n'a qu'un ſeul rayon viſuel à obſerver, au lieu qu'il faut en obſerver deux quand on prend la hauteur par devant. On voit planche 24 figure 6 une arbaleſtrille montée pour obſerver par derriere.

Quand on prend la hauteur par devant on la trouve trop grande, & quand on la prend par derriere on la trouve trop petite. Cette erreur eſt égale de part & d'autre, & elle eſt d'autant plus grande que l'on eſt plus élevé au-deſſus de la ſurface de la mer; tellement que l'élevation d'un pied fait erreur d'une minute, celle de 5 pieds cauſe 2 minutes d'erreur; l'élevation de 10 pieds 3 minutes, celle de 17 pieds 4 minutes, celle de 25 pieds cauſe 5 minutes d'erreur; & enfin celle de 40 pieds fait erreur de 6 minutes.

C'est pourquoi nous avons cru devoir ajouter ici une table des élevations de l'œil sur l'horison, une des minutes d'erreur à augmenter ou à soustraire de la hauteur. Et une autre table des lieues de distance depuis le lieu de l'observateur jusqu'où s'étend son horison sensible, parce que plus l'œil est élevé sur l'horison plus son horison sensible a d'étendue, plus aussi il y a de minutes à ajouter à la hauteur observée par derriere, & plus à soustraire à la hauteur prise par devant.

Table des élevations sur l'horison, des minutes d'erreur, & des lieues que contient le rayon de l'horison sensible.

Pieds d'élevation sur la mer.	1.	5.	10.	17.	25.	40.	50.	60.	70.	18.	100.	200	300.	400.	500.
Minutes à ôter par devant & à ajouter par derriere	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	14.	17.	20.	22.
Lieues jusqu'à l'horis. sensib.	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	1.	$1\frac{1}{3}$	$1\frac{2}{3}$	2	$2\frac{1}{3}$	$2\frac{2}{3}$	3	$3\frac{1}{3}$	$3\frac{2}{3}$	$4\frac{2}{3}$	$5\frac{2}{3}$	$6\frac{2}{3}$	$7\frac{1}{3}$

Car soit le globe de la terre & de la mer D L M, & soit un observateur en A élevé au dessus de la mer de la quantité A D, & qu'il observe par devant la hauteur de l'astre F, il trouvera l'arc F H, compris par les rayons visuels A F, A H tirez du point A de l'observation, l'un à l'astre F & l'autre à l'horison sensible en H touchant la surface de la mer ; mais la vraie hauteur ne doit être que depuis l'astre F jusqu'à la veritable ligne horisontale A B, donc la hauteur F A H prise par devant, est plus grande que la vraie hauteur B A F. Mais si on prend la hauteur de l'astre G par derriere, on lui tournera le dos en regardant l'horison sensible par le rayon visuel A H, lequel passe au-dessous de la ligne veritablement horisontale A B, & le rayon A H étant prolongé par derriere l'observateur vers E, donnera l'arc G E, compris par les rayons A G, A E, pour la hauteur observée ; mais la vraie hauteur est G C, donc la hauteur observée G E par derriere est trop petite de la quantité E C. Or l'angle de l'excès B A H de la hauteur prise par devant est égal au defaut C A E de la hauteur prise par derriere, parce que ces angles sont opposez par leurs points.

XXIV. Planche. Fig. 5.

Maintenant si on veut savoir où se termine l'horison sensible d'un observateur élevé de 100 pieds au dessus de la mer, on trouvera dans la table 3 lieues deux tiers du point de l'observation.

Quand on prend hauteur avec les instrumens qui ne sont point au vrai niveau & au veritable horison, il faut avoir égard à ce qu'on vient de dire de l'arbalestrille, & de quelque instrument qu'on se serve : il faut aussi avoir égard aux remarques generales que nous ferons après avoir parlé de tous les instrumens à prendre hauteur.

Si donc on a observé la hauteur d'un astre avec l'arbalestrille par devant, & qu'on l'ait trouvé, par exemple, de 20 degrez si l'œil de l'observateur en ce cas est élevé de 25 pieds par dessus la surface de la mer, il faudra conclure que la hauteur de l'astre n'est que de 19 degrez 55 minutes, parce qu'il faut soustraire 5 minutes pour l'élevation de 25 pieds. Il faudroit au contraire les ajouter si la hauteur avoit été prise par derriere.

Du quartier anglois.

CEt inſtrument ſe fait ordinairement de bois de poirier. Il contient un quart de cercle partagé en deux arcs B C, D E, qui ont differens rayons, dont le moindre eſt la moitié du plus grand.

XXIII. Planche. Fig. 9.

L'arc B C eſt de 30 degrez, chaque degré ſe ſubdiviſe autant qu'on le peut de 5 en 5 minutes par le moyen des cercles concentriques & des lignes tranſverſales. L'autre arc de cercle D E, contient 60 degrez & ſe diviſe ſeulement en degrez; la diviſion de ces arcs doit commencer du rayon A B, dont la longueur eſt environ de deux pieds.

On ajuſte comme à l'arbaleſtrille au centre commun de ces deux arcs un petit marteau, à peu près ſemblable à celui de la figure 12, dont une traverſe ou croiſillon réponde préciſement au milieu de l'épaiſſeur de la fléche ou de la piece de bois droite, ou bien une pinule comme la figure A, fendue horiſontalement; puis on ajuſte une autre pinule qui ſe puiſſe mouvoir & arrêter avec une vis ſur chacun des degrez & minutes de l'arc B C; comme en F, laquelle doit être percée dans une ligne de foi perpendiculaire au plan des diviſions comme la figure F pour y placer l'œil; enfin une troiſiéme pinule qui puiſſe couler & s'arrêter au long des diviſions de l'arc D E, comme en G; cette pinule doit être auſſi percée ou fendue afin que le rayon du ſoleil puiſſe donner dans la pinule du centre; mais elle doit être bien dreſſée & perpendiculaire au plan des diviſions, comme la petite figure G le montre; il faut auſſi que ces arcs ſoient d'égale épaiſſeur, afin que les pinules ſoient toujours bien perpendiculaires ſur le bord de l'inſtrument.

Uſage du quartier anglois.

ON peut ſe ſervir de cet inſtrument pour obſerver la hauteur des aſtres en deux manieres, comme par l'arbaleſtrille, c'eſt-à-dire, en regardant l'aſtre, ou lui tournant le dos. Cette maniere eſt plus commode. Il faut pour cela ajuſter la pinule A ſur le centre, & la pinule G, ſur tel degré qu'on voudra de l'arc D E; pourvû toutefois que la partie G D avec les 30 degrez de l'arc B C ſoient du moins auſſi grands que la hauteur de l'aſtre; après cela on lui tournera le dos, & l'on hauſſera ou baiſſera la pinule F en la faiſant gliſſer ſur l'arc B C, juſqu'à ce que regardant l'horiſon ſenſible par les deux pinules F & A, le rayon du ſoleil H paſſe par l'ouverture de la pinule G, & vienne aboutir à la fente de la pinule qui eſt au centre A.

La ſomme des deux arcs ſera la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon, en y faiſant la même correction que nous avons dit en parlant de l'arbaleſtrille, & le complément de cette hauteur ſera la diſtance du zénith.

L'on pourra auſſi prendre hauteur par devant avec cet inſtrument, comme avec l'arbaleſtrille, mais plus difficilement, à moins que la fléche ne ſoit coupée preciſement à l'uni de la pinule du centre A.

Du demi-cercle pour prendre hauteur en mer.

CE demi-cercle eſt d'environ un pied de diametre : il n'eſt diviſé qu'en 90 degrez, & chaque degré ſe diviſe ordinairement en quatre par-

Fig. 10.

ties qui valent 15 minutes chacune. Il y a deux pinules A & B attachées aux extremitez de ſon diametre, & une autre comme C, ajuſtée de telle maniere qu'elle coule autour de la circonference du demi-cercle, afin de recevoir le rayon de l'aſtre. La pinule A eſt comme celle F percée en O & celle B comme la même F fendue, celle C comme F ou G, ſelon qu'on s'en ſervira par devant ou par derriere.

Uſage du demi-cercle.

SI l'on prend la hauteur par devant, il faut mettre l'œil à l'ouverture de la pinule A, regarder l'horiſon par les pinules A & B, & hauſſer ou baiſſer la pinule C, en la gliſſant ſur les degrez de la circonference, juſqu'à ce que le rayon de l'aſtre paſſant par la fente ou petit trou de cette pinule, rencontre l'autre pinule en A. Pour lors les degrez compris en l'arc B C, marqueront la hauteur de l'aſtre. Si c'eſt le ſoleil que l'on veut obſerver, il eſt plus commode de lui tourner le dos à cauſe de ſa grande lumiere, mettant l'œil à la pinule B, & regardant l'horiſon par les pinules B & A, & hauſſant ou baiſſant la pinule C, en ſorte que le rayon du ſoleil paſſant par cette pinule vienne ſe rendre à l'ouverture de la pinule A, l'arc B C marquera la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon.

Il eſt à remarquer que comme l'angle BAC a ſon ſommet à la circonference, il n'a pour ſa meſure que la moitié de l'arc B C, ſur lequel il eſt appuyé, & c'eſt pour cette raiſon que l'on a diviſé tout le demi-cercle en 90 degrez au lieu des 180 qu'il devroit contenir.

Il faut encore faire les mêmes attentions qu'à l'arbaleſtrille, ſi on prend hauteur par devant ou par derriere.

Remarques generales ſur les differentes manieres de prendre hauteur & ſur quelques obſervations à ne pas negliger dans la pratique.

IL ne ſuffit pas de ſavoir préciſement quel degré vous donnera l'inſtrument dont vous vous êtes ſervi, ni d'avoir fait les réductions convenables ſi vous avez pris hauteur par devant ou par derriere. Nous avons dit & expliqué dans notre livre de l'uſage des globes livre I. ſection VI. page 50, les raiſons pour leſquelles un aſtre au-deſſous de 50 degrez devoit paroître & veritablement paroît plus haut qu'il n'eſt effectivement à cauſe de la nature de notre atmoſphere qui recourbe les rayons qui viennent de l'aſtre à l'œil, ce qu'on appelle réfraction, dont nous avons donné une table à la fin de ce même livre des globes & que nous ajoutons ici.

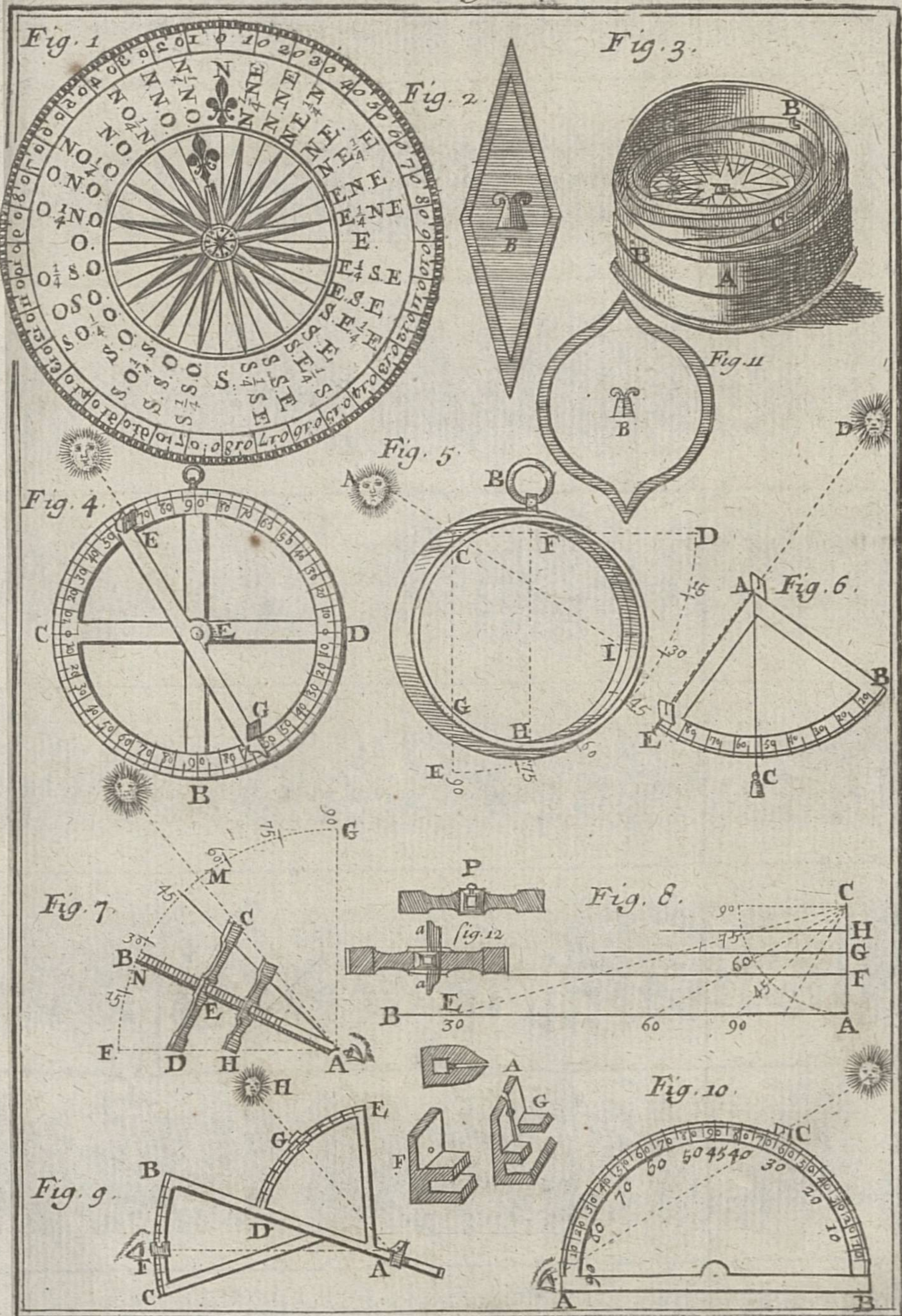
Table des réfractions des aſtres.

Hauteurs apparentes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	20	30	50d.
Réfractions ou excès	32′	27′	21′	16′	12′	10′	9′	8′	7′	6′	5′	4′	3′	2′	1′m.

Si donc un aſtre paroît élevé de 20 degrez ſur l'horiſon, il en faut ôter la réfraction convenable qui eſt ici 3 minutes, la veritable hauteur ne ſera donc plus que de 19 degrez 57 minutes.

XXIV. Planche. Fig. 10

2[me] Remarque. Si on s'eſt ſervi de pinules pour faire paſſer les rayons venans de l'aſtre à l'œil par une fente ou trou, cet aſtre a envoyé dans le plan


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
fig. 12

plan opposé aux pinules l'image renversée de son disque, ensorte que la partie superieure est imprimée en bas & l'inferieure en haut, ce qui produit pour le soleil un excès de 15 minutes de chaque côté, le milieu de l'image étant pris pour le centre de l'astre on aura sa veritable hauteur, toute réduction necessaire faite d'ailleurs.

3me Remarque, mais si on ne s'est pas servi de pinules fendues ou percées d'un trou, mais seulement de l'extremité d'un marteau, dont le bord sert de ligne de foi; ce qui est ordinaire quand on se sert de l'arbalestrille ou du quartier anglois par la raison de la deuxiéme remarque, il n'y aura que la partie superieure de l'astre dont les rayons viendront frapper la retine de l'œil, ou qui fera ombre sur le marteau, donc l'astre paroîtra trop haut de la moitié de son disque qui est au soleil de 30 minutes en total, & 15 minutes pour l'excès à diminuer de la hauteur marquée sur l'instrument soit qu'on l'ait prise par devant ou par derriere: il n'y a qu'à jetter les yeux sur la figure 13 planche 24. Je suppose qu'on a fait aussi toutes les autres ductions dont nous avons parlé, c'est-à-dire qu'on a eu égard 1°. à l'élevation de l'observateur sur le niveau de la mer, 2° à la maniere dont on a pris hauteur par devant ou par derriere, 3° à la réfraction, 4° enfin à la façon des pinules. Lorsqu'on prend hauteur avec des anneaux, astrolabes, ou quart de cercle suspendus ou garnis d'un plomb, ou d'un niveau d'air, il n'est question que de prendre le milieu du disque de l'astre & en déduire la réfraction, si cet astre est moins élevé que de 50 degrez sur l'horison.

Fig. 13.

Par la hauteur des astres trouver la latitude du lieu où l'on est.

AYant observé avec quelqu'un des instrumens dont nous venons de parler, la hauteur sur l'horison, d'un astre dont on connoît la déclinaison quand il passe au meridien, on connoîtra la latitude du lieu où l'on est, laquelle est toujours égale à la hauteur du pole, par les usages 10me & 52me du 3me livre de notre traité de l'usage des globes.

On pourra aussi trouver à toute heure la latitude du lieu où se fait l'observation par les usages 13, 14 & 15mes de notre traité des astrolabes pag. 163 & suiv. quoiqu'il y ait un peu plus de façon.

Nous allons donner un exemple par les hauteurs du soleil à midi. Ayant pris hauteur justement à midi, cherchez dans la table à ce même jour, la déclinaison du soleil. Si elle est septentrionale, qui est depuis le 20 Mars jusqu'au 22 Septembre, ou depuis ♈ jusqu'à ♎; ôtez cette déclinaison de la hauteur du soleil, le reste sera la hauteur de l'équateur, laquelle étant soustraite de 90, le reste sera la hauteur du pole.

EXEMPLE.

Le soleil étant au premier degré de ♋, sa hauteur à midi est à Paris de 64 degrez 30 minutes, la déclinaison boréale est de 23 degrez 30 minutes. Etant ôtée de 64 degrez 30 minutes, reste 41 degrez pour la hauteur de l'équateur, son complément jusqu'à 90 est 49, qui sera la hauteur du pole à Paris; mais si c'étoit depuis le 22 Septembre jusqu'au 20 Mars, la déclinaison du soleil seroit meridionale. Il faudroit pour lors y ajouter la hauteur meridiene. Le total sera la hauteur de l'équateur. *Exemple.* Le 22 Decembre

le soleil est élevé à midi à Paris de 17 degrez 30 minutes, sa déclinaison est 23 degrez 30 minutes laquelle ajoûtée à 17 degrez 30 minutes, le total est 41, dont le complément 49, sera la latitude du lieu. Si le soleil n'avoit point de déclinaison comme au commencement de ♈ & ♎, sa hauteur seroit celle de l'équateur, laquelle étant soustraite de 90, le reste seroit la hauteur du pole. Si en ce même tems-là le soleil est élevé de 90 degrez à midi, c'est une marque qu'on seroit sous la ligne équinoctiale. En prenant exactement la hauteur du soleil à toutes les heures du jour, on pourra faire des tables des hauteurs du soleil sur l'horison, mais elles se font bien plus juste par le calcul.

CHAPITRE III.

De la construction & usages des instrumens necessaires à connoître par estime le chemin d'un vaisseau.

De l'horloge.

ON ne se sert pas sur mer de pendule, ce qui seroit très-utile à cause de la régularité de son mouvement, parce que la rouille d'une part se prend bien-tôt à l'acier le mieux poli, d'un autre côté quelques balanciers ou pivots qu'on place à une pendule, elle est arrêtée par le mouvement du vaisseau, ou au moins sa regularité en est interrompue.

On peut se servir de montres de poche à ressort spiral & à minutes, faites par un bon horloger comme M^r le Roy. Dans les vaisseaux on se sert ordinairement de sabliers de differentes durées. L'un est de quatre heures; il sert à regler le temps de la course, & celui du service que l'équipage doit faire; parce qu'une partie se repose, pendant quatre heures que l'autre manœuvre. L'autre est d'une heure, pour les usages communs; & le troisiéme est d'une demi-minute, pour estimer la course du vaisseau.

Ils sont tous composez de deux phioles de verre renversées l'une sur l'autre, dont les embouchures sont fermées d'une feuille de clinquant, laquelle est percée d'un petit trou qui sert à l'écoulement du sable de la phiole superieure dans l'inferieure, pendant le tems qu'on a souhaité de regler le sablier. On sait que plus il y a de sable, plus longue est la durée de son écoulement, & plus le trou est grand la durée est moindre. C'est pourquoi le sablier d'une demi-minute est petit, & à un grand trou dans la feuille de clinquant qui separe les deux phioles. Tout le monde sait la maniere d'user de ces sabliers, qui ont tous cette incommodité de ne pas marquer precisement les parties du tems de leur durée.

On pourroit y remedier en substituant un tuyau long & étroit à la place d'une phiole, comme en la figure 13; A est la phiole ordinaire, B le tuyau substitué en place de la seconde phiole; ce tuyau contient tout le sable de la phiole. On applique cette machine à un morceau de bois long & étroit, & on marque à côté du tuyau sur le bois les quarts ou minutes d'heure, à proportion que le tuyau s'emplit; on suspend la planche en sens con-

XXIV. Planche. Fig. 13.

traire quand la phiole est vuide, & on marque à côté du tuyau les quarts d'heures ou minutes, à proportion qu'il se vuide dans la phiole ; c'est pourquoi on a mis deux anneaux à la planche, un en haut & l'autre en bas. Pour faire ces divisions qui sont toutes inégales, on se sert d'une pendule bien juste. Au lieu que les autres sabliers se tiennent sur leur assiette, celui-ci se suspend.

On pourra encore y marquer les secondes, en cette sorte. Faites un pendule composé d'une balle de mousquet attachée à un fil de 36 pouces 8 lignes & demie de long, à prendre depuis le centre de la balle jusqu'au point où tient le fil attaché. Ce pendule étant en mouvement, chaque vibration, c'est-à-dire chaque allée & chaque revenue sera d'une seconde de tems ; ainsi 30 vibrations vaudront une demi-minute, ou 30 secondes de tems; 60 vibrations une minute, &c. Il n'importe pas que les vibrations soient grandes ou petites : car si elles sont grandes, la balle va plus vîte ; si elles sont petites, la balle va plus doucement. Faites une marque à côté du tuyau à l'endroit où en sera le sable à chaque seconde, & la division sera faite pour les secondes, ainsi des minutes.

Usage de l'horloge de 30 secondes ou d'une demi-minute.

IL y a plusieurs choses qui contribuent à faire courir un vaisseau, plus ou moins vîte ; comme la force du vent, la maniere, la quantité qu'il frappe de voiles, la construction, le leste, &c. Il faut avoir recours à quelque regle constante & uniforme. On mesure la longueur du vaisseau, & on se sert de cette mesure pour compter combien l'écume de la mer venant de l'avant à l'arriere parcourera de toises pendant un horloge d'une minute, lesquelles toises étant multipliées par 60, on aura les toises courues en une heure ; & ces toises étant divisées par 2853, qui sont les toises que contient une lieue d'un grand cercle de la sphere, le quotient donnera des lieues par heures. On trouve qu'une lieue par heure donne 48 toises en une minute, d'où on conclura que si l'eau ou l'écume qui est comme immobile sur l'eau, passe de 48 toises pendant une minute, le navire fera une lieue par heure, & 24 toises donneront demi-lieue, &c. Si on se sert d'un horloge de demi-minute, un navire fera une lieue par heure, le long duquel l'écume avancera de 24 toises en 30 secondes ; il fera une demi-lieue par heure, si l'écume n'avance que de 12 toises, & ainsi à proportion.

Cette observation du courant de l'eau par l'écume qui glisse contre les bords du vaisseau se doit toujours faire sous le vent, à cause que les vagues du côté du vent, se battant contre les bords, causent à l'eau des mouvemens extraordinaires ; ce qui n'arrive pas sous le vent.

EXEMPLE.

Un vaisseau à vingt-quatre toises de long de proue en poupe, un floccon d'écume glisse le long du vaisseau en 30 secondes ; on demande combien le vaisseau fait de chemin en trois heures : multipliez les toises par le nombre des fois dont 30 secondes sont contenues en trois heures, on divise le produit par 2853 le quotient donnera trois lieues parcourues en trois heures.

Du loch.

Fig. 14.

LE loch est un morceau de bois d'environ un pied de long taillé comme le fond d'une barque, garni de plomb sous son fond pour lui servir de leste, auquel on attache une ligne ou ficelle menue & fine, marquée d'un nœud ou autrement par chaque toise.

Usage du loch.

ON jette le loch en mer par la poupe ou arriere du vaisseau, & on file la ligne jusqu'à ce que le loch soit hors du remore du vaisseau; après on commence à compter les toises de la ligne que l'on file pendant une demi-minute, & si l'on en file six toises le navire fait un quart de lieue par heure, si on en file 24 toises le navire fait une lieue, &c. On sait combien on file de toises en comptant les nœuds marquez sur la ligne que le loch supposé immobile sur l'eau tire à lui, comme dans l'exemple precedent sur l'écume qu'il faut supposer immobile sur l'eau. Ceci n'a pas besoin d'autre exemple que celui ci-dessus, Tout le monde sait combien un pareil calcul est sujet à erreur; aussi faut-il souvent le rectifier, en observant les latitudes & les longitudes, comme nous avons apris à le faire dans notre traité des usages des globes; cependant il faut se contenter des seuls moyens qu'on a, pour savoir ce qu'on fait de chemin sur les eaux.

CHAPITRE IV.

Contenant la construction du quartier de réduction & ses usages.

XXV. Planche.

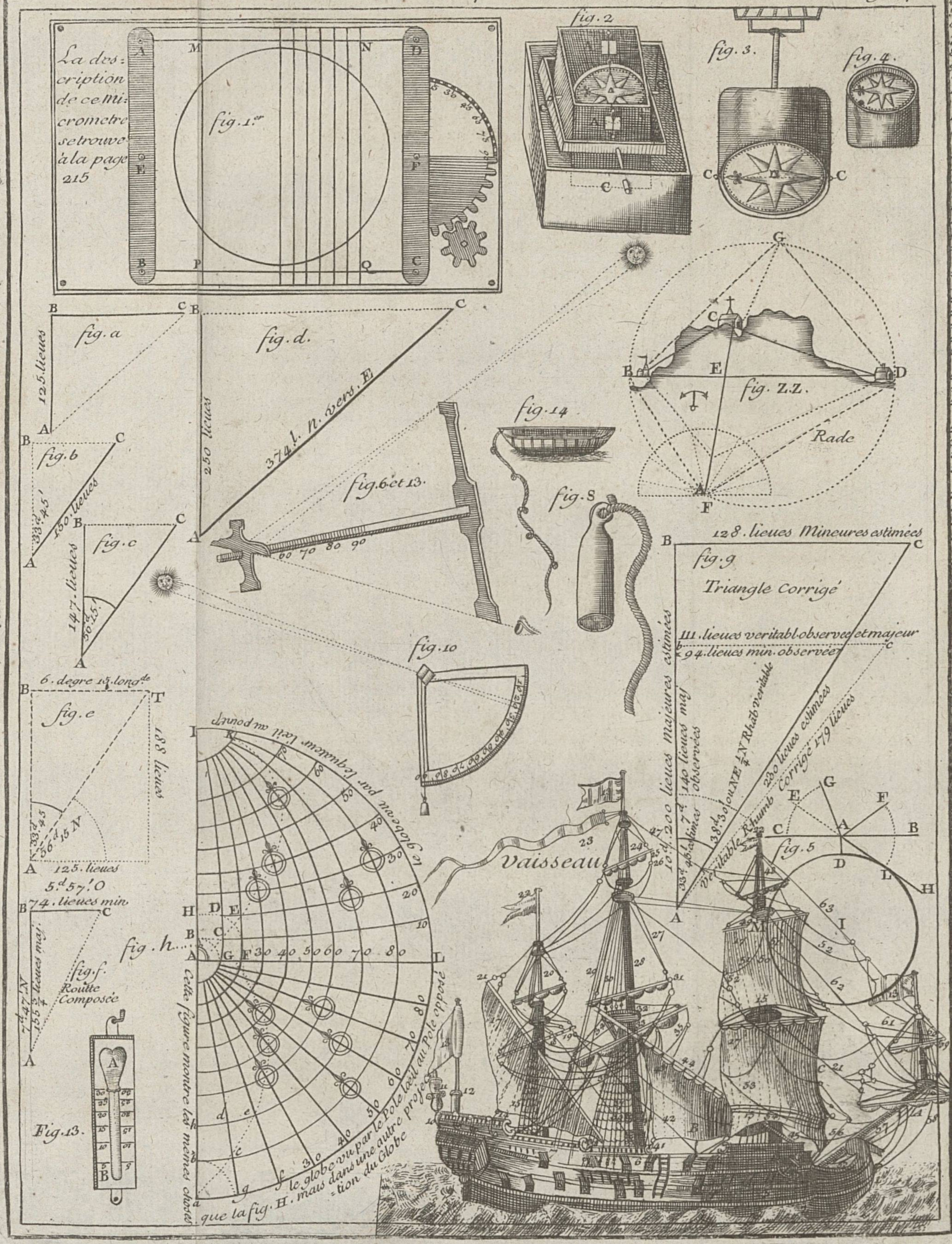
LE quartier de reduction est dans la navigation ce que le treillis est dans la géométrie, c'est un instrument dont se servent les Pilotes à réduire les routes de navigation. Il est composé de plusieurs quarts de cercle qui ont même centre A, & de plusieurs lignes droites paralleles; ces quarts de cercle & les lignes droites sont à distances égales. On peut prendre l'un de ces quarts de cercle comme B C, pour le quart de chaque grand cercle de la sphere, & principalement pour quart de l'horison & du meridien; mais le centre A sera toujours le point du depart du navire.

En le prenant pour quart de l'horison, l'un de ses côtez, tel qu'on voudra, comme A B, representera la ligne meridiene, c'est-à-dire, nord & sud.

L'autre côté A C, qui fait angle droit avec la meridiene, represente la ligne est & ouest. Toutes les autres lignes paralleles au côté A B sont des meridiens, & toutes celles qui sont paralleles au côté A C sont des lignes est & ouest.

Ce quart de cercle est divisé premierement en 8 parties égales, par 7 rayons tirez du centre A, pour representer les huit-quarts de vent de chaque quart de la boussole ou de l'horison; chacun de ces quarts de vent vaut 11 degrez 15 minutes, comme nous avons dit ci-devant en parlant de la boussole.

Planche vinquatrieme



1. Éperon ou Proue
2. Écubier
3. Centes ou Lis ses
4. Sabord
5. Chateau d'avant
6. Plabord
7. Chateau d'arrier
8. Galerie d'Babord
9. Gouvernail et Safran
10. la Poupe ou le Arriere
11. Fanal
12. Chouquet du Bâton de Pavillon
13. Pavillon
14. Haubans d'Artimon
15. Bonette Maillée
16. Voile d'Artimon
17. Les Ris
18. Mats d'Artimon
19. Vergue de Foule et ses bras au dessous
20. Perroquet d'Artimon et sa Vergue
21. Marticles
22. Girouette
23. Flames
24. Grand Perroquet
25. Pendour des Bras
26. Les Bras
27. Balancines
28. Grand Mats de Hune
29. Guinderesse
30. Galauban
31. Grand Hunier
32. Tenons et Chouquet
33. La Grand Hune
34. Enflechures
35. Grand Voile
36. Écoute de la grand Voile
37. Étaij d'Artimon
38. Grande Haubans
39. Grand Itaque
40. Grand Mats sur lie
41. Écoute de Voile d'Étaij
42. Couët de Grand Voile
43. Voile d'Étaij
44. Grand Étaij
45. Étaij du Grand Mats de Hune
46. Faux Étaij et Bouline du Grand Perroquet
47. Étaij du Grand Perroquet
48. Perroquet d'Avant
49. Mats de Hune d'Avant
50. Petit Hunier
51. Contrefanons
52. Bouline et ses pattes
53. Voile de Misaine
54. Mats de Misaine
55. Couët de Misaine
56. Sauve garde
57. Mats de Beaupré
58. Écoute de Sivadiere
59. Sivadiere
60. Peroquet de Beaupré
61. Étaij du Perroquet
62. Étaij du Petit Mats de Hune avec ses deux Boulines
63. Étaij du Perroquet d'Avant

A. Boulines du Perroquet d'Avant et du petit Hunier
B. Grande Bouline
C. Étay de Misaine

La circonference B C est aussi divisée en 90 degrez, & chaque degré est subdivisé de 12 en 12 minutes, par le moyen des lignes transversales, tirées de degré en degré, & de 6 cercles concentriques, y compris les deux extrêmes. On attache de plus au centre un fil, comme A L, lequel étant arrêté sur tel degré que l'on veut du quart de cercle, sert à diviser l'horison de telle maniere qu'on trouve à propos.

Tous les rayons qui partent du centre A sont autant de secantes des degrez qu'ils coupent; toutes les lignes perpendiculaires à A C, qui joignent ces rayons dans l'enceinte du quart de cercle sont des sinus de ces arcs dont ils joignent la secante, & ceux perpendiculaires à A B, sont les sinus de complement de ces mêmes arcs; les lignes perpendiculaires à A C, qui joignent ces mêmes rayons hors l'enceinte des quarts de cercle, sont des tangentes de ces arcs; ainsi on a aussi sur le quartier de réduction les sinus, les sinus complemens, les tangentes & les secantes de tous les degrez du quart de cercle.

Si on prend le quartier de réduction pour un quart du meridien, l'un des côtez, comme A B, se pourra prendre pour l'un des rayons communs, du meridien & de l'équateur, & l'autre côté A C sera la moitié de l'axe du monde. Les degrez de la circonference B C representeront les degrez de latitude, & les paralleles au côté A B, perpendiculaires sur A C, prises depuis chaque point de latitude jusqu'à l'axe A C, seront les rayons des paralleles de ces latitudes, & en même tems les sinus des complemens des mêmes latitudes.

La figure de la planche 25 fait assez connoître le reste de la construction de cet instrument.

Usage du quartier de réduction.

ON forme sur le quartier de réduction des triangles semblables à ceux de la navigation, & les côtez de ces triangles sont mesurez par les intervalles égaux qui sont entre les quarts de cercle & entre les lignes N, S, E & O.

On a distingué ces cercles & ces lignes, en les marquant de 5 en 5 par des traits plus gros que les autres; de sorte que si l'on prend chaque intervalle pour une lieue, il y aura cinq lieues depuis une grosse ligne droite jusqu'à l'autre, & depuis une grosse ligne circulaire jusqu'à l'autre ligne circulaire; de même si on prend chaque intervale pour quatre lieues, il y aura 20 lieues de marine qui font un degré d'un grand cercle depuis un gros trait jusqu'à l'autre.

Cette regle est generale quand il ne s'agit que de trouver, ou de marquer sur le quartier de réduction les parties d'un grand cercle en degrez ou en lieues; comme par exemple, si j'ai couru sous un même meridien 100 lieues, je trouve sur la ligne A B, cinq gros traits, & sur toutes les lignes paralleles à A B, c'est la même chose, chaque gros trait vaut 20 lieues ou 1 degré d'un grand cercle representé par A B.

Tout de même sur les rayons qui partent du centre A vers la circonference du quart de cercle, toutes ces lignes representent de grands cercles qui ont le centre commun avec celui du monde, & sur ces lignes les arcs marquez d'un gros trait valent 20 lieues chacun ou un degré. On appelle les lieues marquées sur le côté A B, ou ses paralleles, & sur les rayons

qui partent du point A vers la circonference, de la maniere que nous venons de dire, lieues majeures.

Il n'en eſt pas de même des lignes paralleles au côté A C, leſquelles ne repreſentent que des cercles paralleles à l'équateur; ces cercles n'ont point leur centre commun avec celui du monde, & leurs circonferences, quoique diviſées en 360 degrez, diminuent toujours en étendue depuis l'équateur juſqu'au pole qu'elles ſe réduiſent à un point; donc les lieues qui ſont compriſes dans un degré de ces circonferences ſont moindres, à proportion que le cercle approche du pole. On appelle ces lieues mineures; c'eſt pourquoi il y a moins de chemin à faire pour changer de longitude que pour changer de latitude.

Parce que dans tout triangle de navigation le côté parallele à A C qui donne la longitude eſt marqué en lieues mineures, c'eſt une neceſſité de ſavoir reduire ces lieues mineures en lieues majeures, telles qu'elles ſont ſur l'équateur, où chaque degré eſt compoſé de 20 lieues majeures, pour avoir les degrez de longitude qui ſe comptent ſur ce cercle.

Dans le triangle de la navigation A E D dreſſé par les regles que nous expliquerons; le côté A E, qui repreſente un meridien ou un grand cercle, donne 125 lieues majeures à 20 au degré, ou 6 degrez 1 quart; le côté A D en donne par les arcs 150, c'eſt encore un grand cercle; le côté E D qui repreſente un petit cercle parallele à l'équateur donne 83 lieues mineures. Il faut ſavoir ce que ces lieues mineures valent de degrez de longitude; pour cela il les faut convertir en lieues majeures, afin que 20 lieues puiſſent valoir une degré ſur l'équateur, & de leur nombre juger la quantité de degré de longitude.

Si, par exemple, on veut ſavoir combien 83 lieues mineures vers l'eſt valent de degrez de longitude ſur le parallele de 48 d. de latitude, il faut premierement tendre le fil ſur les 48 d. de latitude, & compter les 83 lieues propoſées ſur le côté A B, en commençant du centre A; elles ſe termineront au point H, prenant chaque petit intervale pour 4 lieues, ou les intervales des gros traits pour 20 lieues. Il faut enſuite conduire du point H la parallele H G juſqu'au fil; alors la partie du fil depuis A juſqu'en G, rayon du méridien, montrera 125 lieues majeures, valeur de 6 d. 15. m. à raiſon de 20 lieues par degré; & 3 m. pour une lieue; ce qui fait connoître que les 83 lieues mineures A H, qui ſont la difference en longitude de la route ſuppoſée, & qui ſont égales au rayon du parallele G I, valent 6 d. 15 m. de ce parallele.

Suppoſons, pour ſecond exemple, que l'on veuille réduire cent lieues mineures en degrez de longitude ſur le parallele de 60 d. Ayant premierement tendu le fil ſur 60 d. on comptera les cent lieues de longitude le long du côté A B; & le parallele qui les terminera étant conduit au fil, retranchera le long du fil, à prendre depuis le centre, 200 lieues majeures qui valent 10 d. c'eſt-à-dire, que cent lieues ſur le parallele de 60 d. valent 10 d. de longitude, parce que chaque degré d'un grand cercle eſt double d'un degré du parallele de 60 degrez.

Si au contraire on veut réduire, par exemple, 125 lieues majeures ou 6 d. 15 m. de longitude ſur le parallele de 48 d. en lieues mineures; il faut, après avoir tendu le fil ſur ces 48 d. de latitude, compter le long du fil les 6 d. 15 m. ou 125 lieues majeures depuis A juſqu'en G, tirer la ligne G I,

en compter les interſections, & alors GI donnera 83 lieues mineures, valeur de 6 degrez 15 minutes ſur le parallele propoſé.

Comme auſſi 9 d. 21 m. ou 187 lieues majeures ſur le même parallele étant comptées depuis A juſqu'en L, donneront 125 lieues mineures ſur LC rayon de ce parallele, en comptant auſſi les interſections.

On pratique les exemples par le calcul. On veut, par exemple, reduire 168 lieues mineures en lieues majeures, ou en degrez de longitude ſur le parallele de 50 d. de latitude; on fait cette regle de proportion: le ſinus de 40 d. 64279 complement de 50 d. .... les 168 lieues mineures, & le ſinus total 100000; la regle faite, le quotient ſera 261 lieues majeures, qui valent 13 d. 3 m. à raiſon de 20 lieues par degré.

Au contraire on veut reduire, par exemple, 20 lieues majeures ou 1 d. de longitude en lieues mineures ſur le parallele de 30 d. de latitude. On fait cette regle de proportion. Le ſinus total 100000... 20 lieues... le ſinus de 60 d. 86603 complement de 30 d.... le quotient ſera 17 lieues mineures $\frac{32}{100}$ ſur le parallele de 30 d. C'eſt ſur ce principe que la table ci-deſſous a été calculée pour toutes les latitues de 5 en 5 degrez.

Table contenant les lieues & centiémes de lieues d'un degré de longitude ſur chacun parallele de cinq en cinq degrez de latitude.

Latitudes.	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Lieues.	20	$19\frac{92}{100}$	$19\frac{72}{100}$	$19\frac{32}{100}$	$18\frac{70}{100}$	$18\frac{13}{100}$	$17\frac{32}{100}$	$16\frac{38}{100}$	$15\frac{32}{100}$

45	50	55	60	65	70	75	80	85
$14\frac{14}{100}$	$12\frac{86}{100}$	$11\frac{47}{100}$	10 ✠	$8\frac{45}{100}$	$6\frac{84}{100}$	$5\frac{18}{100}$	$3\frac{47}{100}$	$1\frac{67}{100}$

Quand on a couru une route oblique, c'eſt-à-dire, qui n'eſt exactement ni nord ou ſud, ni eſt ou oueſt, ces routes outre les lieues majeures nord & ſud, donnent des lieues vers l'eſt ou vers l'oueſt, qu'il faut réduire en degrez de longitude. Mais ces lieues que l'on appelle mineures, n'ont été faites ni ſur le parallele du départ, ni ſur celui de l'arrivée, ayant été faites ſur tous les paralleles qui ſont entre deux, & qui ſont tous inégaux; c'eſt pourquoi on eſt obligé d'en chercher un qui ſoit moyen proportionel entre eux, & on l'appelle pour cela moyen parallele, lequel ſert à réduire en degrez & minutes de l'équateur, les lieues qu'on a fait en parcourant divers paralleles, dont les degrez deviennent plus petits à meſure qu'ils s'éloignent de l'équateur allant vers les poles.

Il y a pluſieurs methodes pour trouver ce moyen parallele. Mais la plus facile eſt celle qui ſe fait par l'échelle réduite des latitudes croiſſantes & ſans calcul, qu'on a miſe à côté du quartier de réduction.

Soit propoſé, par exemple, de trouver le moyen parallele entre 40 & 60 d. de latitude. Prenez avec un compas ſur cette échelle le milieu d'entre 40 & 60 d. Ce point milieu ſe terminera vis-à-vis de 51 d. qui ſera par conſequent le moyen parallele de cette route.

Remarquez, que comme cette échelle eſt en deux lignes, il faudra prendre l'eſpace depuis 40 d. de latitude juſqu'à 45, qui eſt d'un côté, & le porter ſur une ligne droite; prendre enſuite l'eſpace depuis 45 juſqu'à 60, qui

est de l'autre côté pour ne faire qu'une ligne de ces deux espaces joints ensemble; diviser cette ligne en deux également, & portant cette moitié sur l'échelle mettre une pointe du compas sur le nombre 40, l'autre pointe ira se terminer au nombre 51, qui sera le moyen parallele que l'on cherche. Après quoi il sera facile de réduire les lieues parcourues vers l'est en degrez de longitude par le quartier de réduction, consideré comme quart de meridien de la maniere que nous venons de l'expliquer par plusieurs exemples.

On trouve la même chose par le calcul en deux manieres. Si on demande, par exemple, le moyen parallele entre la latitude du depart 40 d. & celle de l'arrivé 60 d.; on ajoute les sinus complemens de 40 & 60 d., savoir les sinus de 50 & de 30 d. lesquels sont 76604 & 50000; leur somme, 126604 divisée par moitié, sera 63302, sinus complement du moyen parallele, lequel se trouve dans la table des sinus, repondre à 50 d. 44 m. Dans les petites routes on a plutôt fait d'ajouter 40 d. à 60 d. & prendre le milieu 50 d. pour moyen parallele cherché.

Quand une route est entre deux latitudes de differentes denominations, exemple, on a couru SE depuis le 20 d. de latitude N jusqu'au 30 d. de latitude S, on prend le moyen parallele de la plus grande latitude qui est ici sud, sur lequel on reduit les lieues mineures en majeures, & degrès de longitude.

Quand on sera bien versé dans la maniere de trouver le moyen parallele d'une route, & de reduire les lieues mineures en majeures, ou les lieues majeures en mineures; les lieues mineures en degré de longitude, & les degrez de longitude en lieues mineures: il sera aisé de faire assez exactement les triangles & les operations de la navigation sur le quartier de réduction, comme nous allons l'enseigner en cinq exemples, qui renferment toutes les principales regles & les differens cas qu'on peut supposer.

PREMIER EXEMPLE.

XXV. Planche.

Supposons le point de depart du vaisseau au 49 d. 48 m. de latitude N, & au 2 d. 15 m. de longitude; ce vaisseau est arrivé par les 43 d. 33 m. de latitude aussi N, & par les 352 d. 3 m. de longitude. On connoît deux choses, savoir la latitude, & la longitude courues; au moyen desquelles il est aisé de faire sur le quartier de réduction le triangle semblable à celui de la navigation, & par-là connoître les deux choses inconnues; savoir, le rhumb de vent qu'a tenu le vaisseau, & les lieues qu'il a fait de chemin, s'il a fillé en ligne droite; en raisonnant ainsi.

Le vaisseau est venu d'une plus grande latitude N à une moindre aussi N; donc il a couru S. De 49 d. 48 m. du depart, ôtez-en 43 d. 33 m. aussi N; restent 6 d. 15 m. pour la latitude courue vers S; ces 6 d. 15 m. valent 125 lieues à 20 au degré. C'est le premier côté du triangle.

Le vaisseau est venu d'une moindre longitude à une plus grande, & cette plus grande longitude est de plus de 180 d. plus grande que celle du depart, donc le vaisseau a couru vers O. De 2 d. 15 m. du depart, ôtez-en 352 d. 3 m. cela ne se peut: ajoutez donc 360 à 2 d. 15 m.; vous aurez 362 d. 15 m. dont ôtant 352 d. 3 m., resteront 10 d. 12 m. de longitude courus vers O. Or ces 10 d. 12 m. de longitude reduits en lieues mineures valent

valent 140 lieues mineures c'est le second côté du triangle. Vous savez que le centre A du quartier de réduction sera toujours pris pour le point de depart: maintenant pour tracer sur le quartier de réduction le triangle semblable à celui de la navigation ci-dessus; comptez de A vers B les 6 d. 15 m. de latitude N convertis en 125 lieues majeures au point E. Voilà le premier côté. Du point E conduisez la parallele à A C, & comptez sur cette ligne du point E 140 lieues, qui sont lieues mineures, ausquelles on a réduit les 10 d. 12 m. de longitude courue; ces lieues finiront au point L. Voilà le second côté & les deux choses connues. Pour achever le triangle de navigation droit en E; il n'y a qu'à tirer la ligne L A, vous aurez le triangle fait A E L: dont LA, que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent qu'on cherchoit. Et comptant les degrez sur le quart de cercle B C de B en C. Vous lirez 48 d. 15 m. ou S O 3 d. 15 m. O, pour le rhumb de vent que le vaisseau a tenu. Enfin comptez du point A, sur la ligne A L, tous les arcs qui coupent cette ligne jusqu'à L; vous aurez 188 lieues, supposant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait a valû 4 lieues sur A E. Pour avoir toute cette operation au net on en écrira les articles comme on les voit ci-dessous.

Latitude du départ N	49 degrez	48 min.	
Latitude de l'arrivée N	43	33	
Donc la difference en latitude S	6	15 . .	. Premier côté 125 lieues majeures à 20 au degré.
Moyen parallele entre le départ & l'arrivé $\frac{49}{43}$.	46	40	

Longitude du départ	2 d.	15 m.	Sur le moyen parallele de 46 d. 40 m. 2me côté 140 lieues min. O.
Longitude de l'arrivée	352	3	
Donc difference en longitude O	10	12	

Donc rhumb de vent S O	3 d. 15 m. O.	3me côté du triangle ou son hypotenuse.
Donc lieues de distance	188	

Autre exemple dans le même cas, mais où les latitudes sont de differentes denominations, & la longitude vers E.

Le point de départ est supposé à 5 d. de latitude N, & à 358 d. de longitude: l'arrivée à 7 d. de latitude S, & 9 d. de longitude. Quel est le rhumb de vent qu'on a tenu, & combien a-t-on fait de lieues?

Le vaisseau est venu du N au S; dont il a couru S. Parce qu'il a couru 5 d. dans le N, & 7 d. dans le S, ajoutez ces deux sommes; la latitude courue sera de 12 d. S, qui valent 240 lieues majeures à 20 au degré. C'est le premier côté du triangle. *XXV. Planche.*

Le vaisseau est venu de 358 d. de longitude à 9 d.; donc il s'est avancé vers E de 11 d. Or ces 11 d. sur le moyen parallele, qui ici n'est pris que dans la latitude S, parce qu'elle est la plus grande des deux denominations, valent 219 lieues mineures E. C'est le second côté du triangle.

Pour tracer le triangle sur le quartier de réduction: comptez de A en B, les 12 d. de latitude S convertis en 240 lieues majeures, au point B. Voilà le premier côté. Du point B conduisez la parallele à A C, & comptez sur cette ligne du point B 219 lieues, qui sont mineures, ausquelles on a réduit

les 11 d. de longitude courue ; ces lieues finiront au point M. Voilà le second côté, & les deux choses connues. Pour achever le triangle de navigation droit en B ; il n'y a qu'à tirer la ligne MA, vous aurez le triangle fait ABM, dont MA que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent, qu'on cherchoit ; & comptant les degrez sur le quart de cercle BC, de B en C, vous lirez au point qu'il est coupé, par AM 47 d. 40 m. ou SE 2 d. 40 m. E pour le rhumb que le vaisseau a tenu. Enfin comptez du point A, sur la ligne AM, tous les arcs qui coupent cette ligne jusqu'à M, vous aurez 325 lieues de distance courue, supposant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait à valu 4 lieues sur AB. Mettez cette opération au net pour l'avoir presente au premier coup d'œil.

Latitude de depart N	5 degrez	
Latitude d'arrivée S	7	
Donc la difference en latitude S	12 . . .	Premier côté 240 lieues majeures à 20 au degré.
Moyen parallele entre les latitudes de départ & d'arrivée pris seulement du plusgrand côté en S	3 d. 30 m.	

Longitude du depart	358 degrez	Sur le moyen parallele de 3 d. 30 m.
Longitude d'arrivée	9	
Donc difference en longitude E	11 . . .	2me côté 219 lieues min. E.

Donc rhumb de vent SE	2 d. 40 m.	3me côté ou l'hypotenuse du triangle de la navigation droit en B.
Donc lieues de distance	325	

On voit que la justesse des opérations depend de la grandeur du quartier de réduction ; mais elle sera bien plus juste si on travaille par le calcul des sinus, tant pour trouver le moyen parallele, la réduction des lieues, que le troisiéme côté du triangle de navigation. En voici un exemple dans le premier cas ci-dessus.

XXIV. Planche Fig. A.

Dans le triangle ABC rectangle en B vous connoissez le côté AB de 125 lieues ou 6 d. 15 m. de latitude.

Connoissant le moyen parallele de la latitude, & les degrez de longitude : vous avez le côté BC, en reduisant les lieues majeures des degrez de longitude en lieues mineures 219, par le calcul, comme nous avons dit en son lieu.

Reste donc à avoir les angles A, C, & le côté qu'ils comprennent. Pour avoir la distance AC ajoutez les quarrez de 125 & de 219 ensemble, la racine quarrée de la somme donnera la distance AC 188 lieues majeures. Ensuite faites cette analogie : 188 sont au sinus de 90 d., comme 219 au sinus de l'angle A 48 d. 15 m. dont le complement 41 d. 45 m. est l'angle C.

II. EXEMPLE.

XXV. Planche.

On est parti de 44 d. 45 m. de latitude N, & de 40 d. de longitude. Supposons avoir couru 150 lieues NE 1 quart N. Nous avons deux choses connues : savoir le rhumb de vent, & les lieues de distance courue, par le

moyen desquelles on peut former sur le quartier de réduction un triangle semblable à celui de la navigation, pour trouver le reste qui nous est inconnu.

Du centre A pris pour le point de depart sur le quartier de réduction, on comptera le long du rhumb de vent, supposé A D, les 150 lieues de distance jusqu'en D. Chaque arc marqué d'un gros trait pris pour 20 lieues marines; ce point D, sera le lieu d'arrivée, lequel on marquera par une petite pointe. Pour former le triangle rectangle A E D, semblable à celui de la navigation, le côté A E de ce triangle donnera 125 lieues de difference en latitude vers N qui valent 6 d. 15 m. à 20 lieues par degré. C'est le premier côté du triangle.

Ensuite on conduira de D, lieu de l'arrivée, la ligne D E parallele à AC, laquelle finira en E; & comptant les intersections, elle donnera au second côté du triangle 83 lieues mineures vers l'E. Le troisiéme côté est donné, donc on a tout le triangle. Ces lieues réduites sur la parallele de 48 d. environ de latitude, moyen parallele trouvé entre la latitude de 51 d. N & 44 d. 45 m. aussi N, lieu de départ; donneront 125 lieues majeures ou 6 d. 15 m. de longitude, qu'on sera avancé d'O en E; donc le départ étant à 44 d. 45 m. de latitude N, on est venu au 51 d. de latitude aussi N; & supposant qu'on soit parti du 40 d. de longitude, on sera arrivé au 46 d. 15 m. de longitude.

Pour mettre cet exemple au net, il suffira de suivre les modeles ci-dessus mis au premier cas; & chaque article dans le même ordre qu'on l'y voit.

On a le second exemple par le calcul, en disant: Au triangle A B C droit en B, pour avoir le côté A B, comme le sinus de B 90 d. est au côté donné A C 150 lieues majeures... aussi le sinus de C 56 d. 15 m. complement de 33 d. 45 m. connu du rhumb, est au côté A B 125 lieues majeures ou 6 d. 15 m. latitude qu'on cherchoit. Et pour avoir B C, comme le sinus de C 56 d. 15 m. trouvé est au côté A B, aussi le sinus de A 83 d. 45 m. au côté B C... 83 lieues; qui ne sont que mineures, attendu qu'elles sont sous un parallele; lesquelles il faudra reduire en lieues majeures pour avoir autant de degrez de longitude qu'il y aura de fois 20 lieues majeures.

XXIV. Planche. Fig B.

III. EXEMPLE.

On est parti de 40 d. 30 m. de latitude S, & de 354 d. 45 m. de longitude; on a sillé S E 1 quart S jusques par les 47 d. 31 m. de latitude aussi S. Nous avons deux choses connues, savoir les degrez de latitude courue 7 d. 21 m. S, & le rhumb de vent. Pour former ainsi sur le quartier de réduction le triangle de la navigation, qui nous fera trouver le reste inconnu, savoir la longitude de l'arrivée, & les lieues de distance.

XXV. Planche.

A, sur le quartier de réduction, est le point de depart; tirez-en la ligne du rhumb S E 1 quart S, comptez sur la ligne A B 7 d. 21 m. de latitude ou 147 lieues majeures de A en B. C'est le premier côté. Puis conduisez du point supposé B, où se terminent ces 147 lieues, une ligne parallele à AC. C'est le second côté. Le point L, où cette parallele coupera le rhumb S E 1 quart E, est le troisiéme côté donné, & fermera le triangle: dans lequel on connoît la latitude par le côté A B 147 lieues; de A en L on aura sur le rhumb 177 lieues de distance, par le nombre d'autant d'arcs qui coupent cette ligne, de A jusqu'à L. Enfin sur la ligne qui du point B est venu

couper le rhumb en L, on comptera par les intervales de lignes 98 lieues mineures : & parce que ce côté B L represente un parallele à l'équateur, les lieues mineures seront reduites en majeures, comme nous avons déja enseigné, & donneront autant de degrez de longitude courue qu'elles auront donné de 20 lieues majeures : c'est-à-dire ici 6 d. 51 m. E; lesquels ajoutez aux 354 d. 45 m. de longitude du depart donneront pour longitude de l'arrivée 1 d. 36 m. Mettez l'operation au net comme au premier exemple.

XXIV. Planche. Fig. C. Par le calcul : Au triangle A B C, droit en B, pour avoir le côté A C, distance des lieues de chemin, dites : Comme le sinus du côté de l'angle donné C de 33 d. 45 m. complement de l'angle opposé 56 d. 15 m. est au côté aussi donné A B 147 lieues majeures ou 7 d. 21 m. S; ainsi le sinus B de 90 d. est au côté cherché A C... 177 lieues de chemin fait sur le rhumb. Pour avoir le côté B C ou la longitude, dites : Comme le sinus de l'angle C 33 d. 45 m. est au côté A B 147 lieues; ainsi le sinus de l'angle A 56 d. 15 m. au côté cherché B C... 98 lieues mineures, lesquelles réduites en majeures & en degrez de longitude donneront 6 d. 51 m. E de longitude courue, à ajouter à celle du depart, pour avoir 1 d. 36 m. de longitude de l'arrivée.

IV. EXEMPLE.

XXV. Planche. On est parti de 45 d. 20 m. de latitude N, & de 349 d. 56 m. de longitude; on a couru 374 lieues entre N & E, & on s'est trouvé par 57 d. 50 m. de latitude N. Nous avons encore deux choses connues; savoir, les degrez de latitude courue, 12 d. 30 m. N, & 374 lieues N E. Faites ainsi le triangle de navigation sur le quartier de réduction, pour avoir la longitude de l'arrivée & le rhumb de vent qu'il a fallu courir.

A est le point du depart sur le quartier; on comptera sur A B 12 d. 30 m. de latitude N courue, qui valent 250 lieues majeures. C'est le premier côté du triangle. Puis du point A ouvrez le compas de la distance de 374 lieues courues sur A B, & du centre A faites un arc de cercle : du point où finissent les 250 lieues sur A B, tirez (c'est le second côté) la parallele à AC, laquelle coupera l'arc que vous venez de faire en un point, duquel vous tirerez en A, la ligne qui formera le troisiéme côté du triangle de navigation. Dans ce triangle vous connoissez la latitude courue sur A B 250 lieues, le rhumb de vent N E 3 d. E qui est la ligne de A au point d'intersection de l'arc avec la ligne parallele à A C; enfin cette ligne qui va du point d'intersection avec le rhumb jusqu'à B, donnera 278 lieues mineures, lesquelles réduites comme on sait, donneront 22 d. 33 m. de longitude E, à ajouter à ceux du depart, pour avoir 372 d. 29 m. ou 12 d. 29 m. de longitude de l'arrivée. Mettez au net comme on a dit ci-dessus.

XXIV. Planche. Fig. D. Par le calcul : Au triangle de navigation A B C droit en B, pour avoir le rhumb A, dites : Comme le côté connu A C, 374 lieues majeures, est au sinus B de 90 d.; ainsi le côté connu A B 250 lieues majeures est au sinus de C... 42 d. cherché, dont le complement 48 d. est le rhumb A, N E 3 d. E de la route N & E, sur laquelle on a fait 374 lieues. Pour avoir le côté B C, dites : Comme le sinus de C 42 d. est au côté A B 250 lieues majeures; ainsi le sinus de A 48 d. est au côté B C parallele à l'équateur... 278 lieues mineures, lesquelles reduites comme on sait, en degrez de longitude, donnent

22 d. 33 m. E : ajoutez-les à ceux du depart vous aurez 12 d. 29 m. de longitude au point de l'arrivée.

V. EXEMPLE.

On est parti de 45 d. de latitude N, & de 15 d. de longitude ; on a singlé NE 1 quart N par les 21 d. 15 m. de longitude. Nous avons à la verité deux choses connues, savoir le rhumb de vent, & la longitude courue de 6 d. 15 m. E : mais cela ne nous donne qu'un angle certain du triangle sur le quartier de réduction ; car pour savoir quel est le côté donné par la longitude, il faut réduire les 6 d. 15 m. en lieues mineures : ce qui ne se peut que par le moyen parallele, qui depend de la latitude courue, laquelle nous est inconnue. C'est à quoi on supplera ainsi : Faites une échelle de latitudes croissantes comme nous avons enseigné ci-dessus, dans laquelle le premier degré soit égal à un degré de longitude, marqué en A C du quartier de réduction ; cela étant, placez le point de cette regle où est marqué 45 d. le long de la ligne A B, de sorte que 45 d. joigne A : puis ouvrez le compas de A vers C, de 6 d. 15 m. à la lettre S ; d'où vous éleverez une perpendiculaire à A C, qui coupera le rhumb de vent N E 1 quart N, en un point T, duquel vous tirerez une parallele à A C vers B dans la ligne A B, le long de laquelle vous avez appliqué l'échelle : cette ligne T B étant prolongée jusques sur l'échelle, y marquera 51 d. 15 m. de latitude N, & partant vous trouverez la latitude courue 6 d. 15 m. N : après quoi vous ôterez l'échelle, & compterez de A en B 6 d. 15 m. ou 125 lieues N pour avoir le premier côté du triangle. Du point où finiront ces lieues vous tirerez une ligne parallele à A C, qui coupera le rhumb couru N E 1 quart N, vers L, & cette ligne est le second côté du triangle ; du point L en A vous achevrez le triangle, dans lequel vous aurez pour le côté A B 6 d. 15 m. de latitude N courue ou 125 lieues majeures. Le côté B L, donnera 83 lieues mineures vers E, lesquelles réduites valent 6 d. 15 m. de longitude, ajoutées à 15, font 21 d. 15 m. de longitude du lieu de l'arrivée. Comptez enfin les arcs qui coupent le rhumb de A en L, vous aurez 150 lieues de distance courue. Mettez au net comme ci-dessus.

XXV. Planche.

Ce cas est très-rare, car on ne peut observer la longitude, qu'on ne connoisse l'heure, & on ne sauroit connoître l'heure precisement, qu'on ne sache la latitude du lieu.

Par le calcul : Au triangle A B C rectangle en B, il faut premierement connoître le côté B C en lieues mineures, puisque c'est un parallele dont on connoît les degrez de longitude. Pour cela voyez combien de parties contient le premier degré d'une table de latitude croissante pris 6 fois 1 quart, ou bien multipliez par 6 1 quart les 20 parties contenues dans le premier degré d'une table de latitude croissante, vous aurez 125 parties. Faites le triangle de suite A S T, droit en S, dont vous connoissez l'angle A, complement de 33 d. 45 m. & le côté 125 AS, & l'angle droit S. Dites pour avoir ST : Comme le sinus de l'angle T, 33 d. 45 m. connu & alterne est au côté connu AS 125 ; aussi le sinus de l'angle A 56 d. 15 m. connu est au côté T S 188. Ensuite ajoutez 188 parties, à 1010 qui repondent à 45 d. de la table des latitudes croissantes, dont le premier degré est 20, vous aurez 1198 parties, qui répondent à 51 d. 20 m. de latitude ; convertissez

XXIV. Planche. Fig. E.

ces 6 d. 20 m. de latitude N, trouvez en lieues majeures sur A B, & vous aurez en A B du premier triangle 125 lieues peu plus. Reprenez le premier triangle où vous connoissez maintenant le côté A B & l'angle A 33 d. 45 m. son complement C 56 d. 15 m. & dites: Comme le sinus de C 56 d. 15 m. est au côté A B 125 lieues majeures, aussi le sinus de A 33 d. 45 m. est au côté B C 83 lieues mineures, que valent les 6 d. 15 m. de longitude courue sur le moyen parallele de 48 d. Maintenant il ne reste plus à connoître que le côté A C par cette analogie: Comme le sinus C est au côté A B, ainsi le sinus de 90 au côté C A 150 lieues majeures de distance courue sur le rhumb connu.

Route composée.

On n'acheve jamais un voyage sur une même route ou rhumb de vent; & quand il s'agit de réduire en un seul triangle toute la navigation, pour savoir où on est, on joint toutes les regles ci-dessus pour n'en faire qu'une, qu'on appelle route composée qui donne d'un seul coup le point d'arrivée.

EXEMPLE.

On suppose être parti de 45 d. de latitude N & 7 d. de longitude, & on a couru les routes suivantes, dont on rapporte le résultat qui suit tel qu'on l'a conclu par les triangles particuliers:

Les routes . . .			N	S	E	O
1e Route a produit ...	100 lieues	sur N E 1 quart.	83 l.		$55\frac{1}{2}$	
2me Route . .	230	ONO	$88\frac{1}{2}$			212
3me Route . .	80	E 1 quart SE		$15\frac{3}{4}$	$78\frac{1}{2}$	

Du total $171\frac{1}{2}$ N	Du total 212 O.
Otez $15\frac{3}{4}$ S	Otez 134 E.
Reste des lieues majeures $155\frac{3}{4}$ N	Reste des li. 78 min. O.
Estimées courues	Estimées courues

non observées.

Planche. XXV. On demande la latitude & la longitude de l'arrivée, le rhumb de vent qu'on auroit dû tenir venant en ligne droite, & les lieues de distance entre le point de depart & celui de l'arrivée en ligne droite. Faites ainsi le triangle de navigation qui seul vous donnera tout cela.

Du point A, comme celui du depart, portez vers B en K les 155 trois quarts de lieues majeures vers N, qui resultent du calcul & qui valent 7 d. 47 m. de latitude N courue. Voilà le premier côté du triangle. De K parallement à A C comptez 78 lieues mineures O, lesquelles réduites sur le moyen parallele, comme on a déja dit, valent 5 d. 57 m. de longitude courus vers O. Ces 78 lieues finiront sur la ligne K en V. Voilà le second côté du triangle. Enfin de V tirez la ligne AV, vous aurez tout le triangle A K V,

dont le dernier côté A V donne par la quantité de degrez, dont il est éloigné de B l'arc de N N O 4 d. 12 m. O, qui est le rhumb cherché. Maintenant comptez sur les arcs depuis A jusqu'à V les lieues de distance, vous trouverez 174 lieues de chemin en droite ligne du depart à l'arrivée. Mettez ainsi au net.

Latitude du départ N	45 d.	0 m.	
Difference de latitude N	7	47	. . . Premier côté 155 trois quarts de lieues majeures à 20 au degré.
Donc latitude d'arrivée N	52	47	
Donc moyen parallele.	48	53	

Longitude de départ	7 d.	0 m.	
Difference en longitude	. . . .		2[me] côté sur le moyen parallele de 48 d. 53 m. 78 lieues mineures O.
Ou longitude courue O	5	57	
Donc longitude d'arrivée	1	3	

Donc rhumb de vent en droite ligne à tenir N N O 4 d. 12 m. O . . . . } 3[me] côté du triangle rectangle
Donc lieues de distance en droite ligne 174 } ou son hypotenuse.

Le calcul de ce triangle par les sinus & les nombres sera court; car on connoit dans ce triangle A B C droit en B les côtez B A & B C. Pour avoir le côté A C, joignez les quarrez de A B 155 lieues trois quarts; au quarré de B C 78 lieues: la racine quarrée de leur somme donnera 174 lieues pour le côté A C; & pour connoître ce rhumb, dites: Comme A C 174 lieues est au sinus B de 90 d. ainsi le côté B C 78 est au sinus de A de 26 d. 57 m. égal à N N O 4 d. 12 m. O. *XXIV. Planche. Fig. F.*

Corrections necessaires à faire dans toutes les navigations sur le compas de route.

NOus avons averti souvent dans ce traité, qu'il falloit observer avec soin & avec exactitude, de tems en tems la déclinaison du compas ou de la boussole, laquelle varie tantôt d'une façon & tantôt d'une autre, tantôt vers E, tantôt vers O, tantôt plus & tantôt moins, parce qu'il faut y avoir égard pour la conduite du vaisseau. Il s'agit maintenant d'enseigner la maniere de faire la correction necessaire; supposé que la boussole ait décliné, & au tems du depart, & au tems de l'observation de la meridienne, ou de l'arrivée. Il est évident que si l'éguille aimantée, ou le compas, décline vers O, *par exemple*, il faut augmenter au rhumb de vent, qu'il convient prendre pour aller en E la quantité de degrez, dont le compas décline vers O; au contraire diminuer cette quantité de degrez si la route est vers O; parce que c'est le côté vers lequel le compas décline, comme nous le demontrons dans l'exemple suivant. Parce que je veux aller en un lieu éloigné de 11 d. & demi de latitude O; il me faudroit prendre le premier rhumb de vent & faire marquer 11 d. & demi O à la boussole: mais je suppose qu'elle décline vers O de 11 d. & demi, donc il suffira de la laisser en sa situation, & j'aurai mis le cap comme il convient. Si avec la même déclinaison je veux aller directement au N, il lui faudroit faire marquer 11 d. & demi E; or je veux aller à 11 d. & demi vers E, il faut donc faire marquer au compas

23 d. E pour aller vers 11 d. & demi, d'où il s'ensuit qu'il faut augmenter la déclinaison du compas à la route, si cette route est du côté opposé à la déclinaison; & diminuer cette déclinaison de la route, si elles étoient toutes deux de même côté. Nous ajoutons ici trois exemples qui comprennent tous les cas, & nous les appliquons à la route composée ci-dessus.

Si donc le compas de route avoit eu de la déclinaison en partant, laquelle eut continué la même pendant la premiere route, *par exemple*, de 8 d. O, on auroit écrit ainsi :

Premiere route 100 lieues N E 1 quart N, plus 8 d. de variation ; partant 100 lieues N E 1 quart N, 8 d. E.

Si dans la seconde route le compas s'est trouvé varier pendant toute la route de 8 d. E on auroit ainsi écrit.

Seconde route 230 lieues O N O plus 8 d. de variation E partant 230 lieues O N O 8 d. O. Si cette même route avoit été E N E, on auroit écrit 230 lieues E N E moins 8 d. ou 230 lieues N E 1 quart E 3 d. 15 m. E, parce que la route auroit été du côté de la variation, ce qui diminue le rhumb.

Mais si dans la troisiéme route le compas avoit varié au commencement de 8 d. O & à la fin de 4 d. O, on diroit qu'il a eu 6 d. de variation O pendant toute la route, & on écriroit:

Troisiéme route 80 lieues E 1 quart S E moins 6 d. E, variation moyenne, partant 80 lieues E S E 5 d. & demi E ; parce que c'est le côté opposé à la fleur-de-lis ou nord de la boussole qui conduit : or si la fleur-de-lis décline O, l'autre bout décline E, & la déclinaison étant du côté de la route il la faut augmenter. Il ne faut que jetter les yeux sur la figure 1. planche 23 pour comprendre cela.

Corrections à faire sur l'estime.

On voit aisément que toute route composée n'étant fondée que sur les calculs & les estimes, on ne peut avoir que des latitudes, longitudes, rhumbs & lieues estimez : Or tout cela est aussi fondé sur l'estime du loch, qui peut n'être pas resté immobile comme on la cru, lorsqu'on s'en est servi, & sur le rhumb de route qui auroit pu varier pendant les routes simples, d'où il s'ensuit que toutes les routes composées ont besoin de correction.

Premiere, si au point de l'arrivée, on pouvoit observer la latitude & la longitude par les hauteurs & quelque éclipse, la correction du triangle de navigation seroit aisée, parce qu'on auroit les deux côtez du triangle, & on opereroit comme dans le premier exemple d'une navigation simple.

Seconde, si au point de l'arrivée on peut observer la latitude, & si elle ne se trouve pas conforme à celle trouvée par estime, comme si elle étoit observée 54 d. au lieu de 52 d. 47 m. qu'elle auroit été estimée; il faut savoir si l'erreur doit tomber sur les 174 lieues estimées, ou sur le rhumb de vent aussi estimé N N O 4 d. 12 m. O. Or il est certain que cette erreur est du côté qui en est plus susceptible sans qu'on s'en aperçoive aisément, d'où il s'ensuit que cette erreur n'est pas ici du côté du rhumb, parce qu'il faudroit qu'il fût arrivé un changement très-considerable dans la rose vers O, & il faudroit reculer le rhumb d'une maniere trop sensible pour le faire cadrer avec la latitude observée; il faut donc que cette erreur soit

soit de la part de l'estime des lieues, qui a été estimée trop grande, ce qui a pu arriver insensiblement. On corrigera l'erreur en cette façon : On retiendra le rhumb estimé, qui donnera un côté & un angle du triangle de navigation; la latitude observée donnera l'autre, & on achevera comme au troisiéme exemple ci-dessus. En un mot les deux premiers quarts de vents de part & d'autre de N & S, passent pour n'être pas susceptibles d'erreur.

Troisiéme, si au point de l'arrivée on observe une latitude differente de celle qu'on a eu par l'estime, & si le rhumb aussi estimé est des deux premiers de part & d'autre de E & de O; par la raison contraire de ce que nous venons de dire, il faudroit trop corriger les lieues de distance estimées, pour cadrer avec la latitude observée; il faut donc que l'erreur soit du côté du rhumb estimé, & par consequent il faut conserver les lieues de distance estimées qui donneront l'hypotenuse du triangle; & la latitude observée donnera un côté : ensuite opérer pour avoir le reste comme dans le quatriéme exemple ci-dessus; en un mot les lieues de distances sous les deux premiers rhumbs de part & d'autre de E ou de O passent pour exemtes d'erreur.

Quatriéme, si au point de l'arrivée on trouve par observation la latitude differente de celle que l'estime a donnée, & si le rhumb trouvé aussi par estime n'est pas un des deux premiers de chaque côté de N & de S, d'E ou de O, l'erreur peut également tomber sur le rhumb, & les lieues estimées; c'est pourquoi il faut chercher la maniere de corriger l'un & les autres. Pour cela tendez sur le quartier de réduction le fil du point A centre du quartier sur le rhumb estimé N E quart N, comptez par les arcs qui le coupent les lieues estimées 230, & de ce point où elles se terminent comme en M, comptez sur une ligne parallele à A C vers B les lieues mineures E ou O selon qu'il s'en agit, je les suppose trouvées 128 lieues mineures. Ensuite comptez de A vers B en E la latitude observée 46 d. S : difference 7 d. S, par les lieues qui répondent à 20 au degré, savoir 140 lieues, & de ce point E tirez parallement à A C la ligne E L jusqu'à la ligne A M, & comptez les lieues mineures de E en L que je suppose 94, ajoutez-y la moitié de la difference de 94 à 128 qu'on les avoit eu premier lieu, vous aurez 111 lieues mineures à compter de E vers L en N, & de ce point vous tirerez la ligne A B qui sera le rhumb corrigé. Enfin vous acheverez le triangle comme dans le troisiéme exemple, où sans avoir recours à aucune autre regle, puisque vous avez les trois côtez du triangle, il ne restera plus qu'à réduire les lieues mineures en lieues majeures pour avoir la longitude aussi corrigée.

XXV. *Planche.*

Voici un exemple de route corrigée dans ce dernier cas, car les trois autres sont très-faciles.

Supposons, *par exemple*, le point du depart à 53 d. de latitude S, & 358 d. de longitude, ces routes composées ont fait estimer qu'on étoit arrivé à 230 lieues N E quart N, & au 43 d. de latitude S. On observe neanmoins que la latitude n'est que de 46 d. de latitude S; il y a donc erreur : d'ailleurs le rhumb de vent n'est pas des 4 exemts de correction à côté de E & O, donc l'erreur n'est pas seulement de la part du rhumb estimé; ce rhumb n'est pas aussi des 4 à côté de N & S, donc l'erreur n'est pas aussi du côté des lieues seulement : cette erreur tombe donc & sur le rhumb & sur les lieues estimées qu'il faut corriger tous deux comme nous venons de le dire, & je mets l'operation au net.

La latitude du depart S 53 d.
La latitude observée à l'arrivée S 46
Donc la difference veritable de la latitude ou la latitude courue N 7
Donc le moyen parallele 49 30 m.

1er côté du triangle 140 lieues majeures N à 20 au degré, & valent 7 d. de latitude N courue.

Les lieues mineures estimées E 128 d.
Les lieues mineures prises sur le veritable parallele, & partant ces lieues observées E 94

La somme de ces differentes lieues E 222 d.
Donc prenant moitié de la difference on aura ces lieues corrigées E 111

2me côté du triangle sur le moyen parallele de 49 d. 30 m. 111 lieues mineures E, qui valent 8 d. 36 m. de longitude courue.

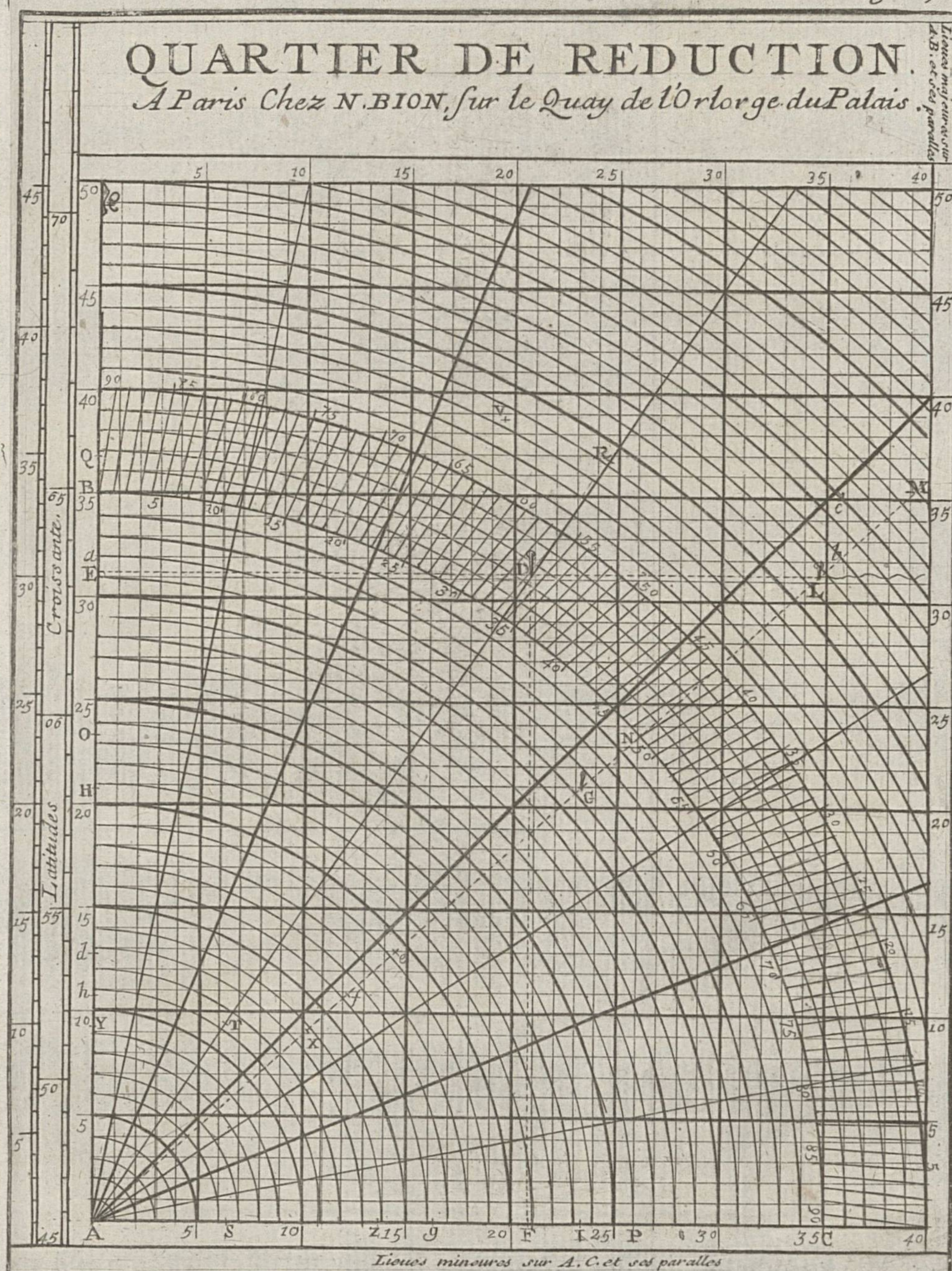
La longitude du depart 358 d.
A cause des lieues mineures corrigées difference E en longitude 8 36 m.
Donc longitude de l'arrivée 6 36

Donc le rhumb de vent corrigé à tenir pour venir en droite ligne N E 6 d. 30 m. N
Donc lieues de distance corrigées à courir en droite ligne 179.

3me côté ou hypotenuse du triangle rectangle de navigation composée, réduite & corrigée.

XXIV. Planche. Fig. G.

Par le calcul : Au triangle A B C rectangle en B de navigation estimée, le côté A B de 10 d. de latitude S ou 200 lieues, le côté B C estimé 128 lieues mineures, & le côté A C estimé 230 lieues à 20 au degré, le rhumb estimé N E quart N. On juge qu'il y a erreur dans le rhumb, & dans l'estime des lieues, par les raisons ci-dessus. La veritable latitude qu'on a observée à l'arrivée n'étant que de 46 d. S partant on n'a couru que 7 d. de latitude S au lieu de 10 d. qu'on estimoit. Pour corriger cette erreur tant sur le rhumb que sur les lieues estimées, comme on a dit qu'il le falloit en ce cas ci ; changez le triangle & faites le côté B C en *b c* precisement où finissent les 140 lieues de la difference de latitude observée ; & dites pour avoir le côté *bc* en lieues mineures : Comme le sinus du complement du rhumb qu'on retient encore pour un moment N E quart N, ou de 33 d. 45 m. qui est ici de 57 d. 15 m. C, est au côté A *b* 140 lieues majeures, ainsi le sinus du rhumb A 33 d. 45 m. est au côté *b c*, qui donnera 94 lieues mineures, ausquelles vous ajoutez la moitié de la difference jusqu'à ce même côté B C estimé 128 . . . vous aurez le veritable côté parallele *b c* 111 lieues mineures. Voilà le parallele corrigé. Maintenant corrigez le rhumb en ajoutant les quarrez de 140 lieues majeures du côté A *b*, & de 111 lieues mineures du côté *b c*, la racine quarrée de leur somme donnera le veritable nombre des lieues A *c* 179 qui seront majeures. Enfin pour avoir le rhumb, dites : Comme le côté 179 lieues est au sinus de 90 d. *b*, ainsi le côté *b c* 111 lieues mineures au sinus du quatriéme terme, qui sera de 38 d. 30 m. qui valent N E 6 d. N.


QUARTIER DE REDUCTION.
A Paris Chez N. BION, sur le Quay de l'Orlorge du Palais.
Lieues majeures sur A.B. et ses paralles
Latitudes
Croissante.
Lieues mineures sur A.C. et ses paralles

CHAPITRE V.

Des cartes hydrographiques ou marines.

ON se conduit sur les eaux par le secours des cartes hydrographiques comme sur terre par les cartes geographiques. Les cartes plattes, ou au point plat, sont dans la navigation, ce que les topographiques sont dans la geographie. Quant à leurs constructions elles sont les mêmes ; les degrez de longitude & de latitude y sont égaux contre le veritable état des choses, & leur usage est borné à toutes deux à une très-petite étendue de pays & de côtes ; les operations s'y pratiquent comme dans un quarré qui comprendroit le premier degré de longitude, & le premier de latitude sur la carte reduite, dont nous parlerons ci-après.

Les cartes generales mappemondes, ou globes terrestres embrassent à la verité toute la terre ou la moitié au moins, mais aussi elles sont moins detaillées, elles representent la terre telle qu'elle est, ou telle qu'elle paroîtroit à l'œil qui en regarderoit le globe à une certaine distance ; mais la construction de ces cartes est bien plus difficile, nous avons donné en notre livre des usages de l'astrolabe, & en celui des usages des globes liv. 3 section 2 la maniere de tracer toutes les cartes geographiques. On ne se sert que dans les longs cours sur mer de ces cartes generales, ou des globes parce que les opérations de la navigation s'y pratiquent avec beaucoup de difficulté & demandent des observations bien frequentes. Nous donnerons neanmoins le principales regles de la navigation sur ces sortes de cartes, après que nous aurons parlé des cartes reduites qui repondent assez pour leurs constructions & leurs usages aux cartes particulieres de geographie.

Des cartes réduites.

LA planche 26me represente une carte réduite. Mais avant que d'en donner la construction & les usages, nous ne pouvons nous dispenser de dire quelque chose de ce qui regarde la loxodromie. Il faut savoir que tant qu'un vaisseau est poussé par un même vent sur la boussole, il doit toujours faire le même angle avec tous les meridiens qu'il rencontre sur la surface du globe terrestre.

Si le vaisseau court N & S, il fait un angle infiniment aigu avec le meridien qu'il décrit, c'est-à-dire, qu'il lui est parallele, ou plutôt qu'il le suit & ne s'en écarte point.

S'il court E & O, il coupe à angles droits tous les meridiens, car il décrit ou l'équateur ou un des cercles qui lui sont paralleles. Mais si sa course est moyenne entre ces deux, alors il ne décrira plus un cercle, parce qu'un cercle tracé de cette maniere couperoit tous les meridiens à angles inégaux, ce que le vaisseau ne doit pas faire. Il décrit donc un autre courbe, dont la condition essentielle est de couper tous les meridiens sous le même angle. On la nomme loxodromique, ou simplement loxodromie ; c'est une

espece de spirale qui fait une infinité de tours sans pouvoir arriver à un certain point, qui est le pole où elle tend, & dont elle s'approche à chaque pas.

La route d'un vaisseau, à l'exception des deux premieres que nous avons marquées, est donc toujours une courbe loxodromique. Elle est l'hypotenuse d'un triangle rectangle spherique, dont les deux côtez sont le chemin du vaisseau en longitude & en latitude.

On a d'ordinaire la latitude par observation; on a par la boussole l'angle de la loxodromie, avec l'un ou l'autre des deux côtez, & ce qu'on cherche par le calcul de la trigonométrie, c'est la valeur de la longitude parcourue & de la loxodromie ou route du vaisseau.

Mais comme cette ligne courbe est embarassante pour les calculs, on a voulu avoir la route en ligne droite, & il a fallu conserver à cette ligne droite l'essence de la loxodromie, qui est de couper toujours les meridiens sous le même angle. Or cela est absolument impossible tant que les meridiens ne sont point paralleles entre eux, comme en effet ils ne le sont pas. Il a donc fallu supposer les meridiens paralleles, dont s'est ensuivi que les degrez de longitude inégalement éloignez de l'équateur ont été supposez de même grandeur, quoique réellement ils diminuent toujours depuis l'équateur, selon une certaine proportion connue; mais pour reparer cette erreur, les degrez de latitude, qui par la nature de la sphere sont égaux par tout, sont augmentez dans les cartes hydrographiques, en même proportion que ceux de longitude auroient dû décroître. Ainsi l'inégalité qui devroit être dans les degrez de longitude de differens paralleles, se rejete sur les degrez de latitude de la maniere que nous dirons ci-après.

Les cartes construites de cette maniere s'appellent réduites, ou au point réduit, dont on se sert ordinairement comme des meilleures; l'experience de plusieurs siecles ayant fait connoître que pour l'usage des Pilotes il faut des cartes très-simples où les meridiens, les paralleles à l'équateur & les rhumbs de vent soient representez par des lignes droites pour la facilité du pointage de leurs routes.

Construction des cartes réduites & leurs usages.

XXVI. Planche.

POur augmenter autant à proportion les degrez de latitude, que ceux de longitude se trouvent agrandis en les faisant égaux à ceux de l'équateur, on emploie les secantes qui augmentent autant les unes sur les autres, que les sinus de complement de latitude, qui devroient representer les degrez de longitude, ont été augmentez en les faisant égaux au rayon de l'équateur par le parallelisme des meridiens; car le sinus de complement d'un arc est au sinus total, comme le sinus total est à la secante de ce même arc.

Ainsi prenant pour un degré de l'équateur & pour le premier degré de latitude le rayon entier ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, on prend pour le second degré de latitude la secante d'un degré ou la partie aliquote semblable de cette secante; pour le troisiéme degré de latitude on prend la secante de deux degrez ou la partie aliquote semblable, & ainsi de suite.

Lorsqu'on veut avoir une carte à plus grand point, on prend pour 30 m.

de latitude & pour 30 m. de l'équateur, un rayon de cercle ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, pour un degré de latitude. On ajoute de suite la secante de 30 m. pour un degré & demi de latitude, on ajoute de suite la secante d'un degré, pour deux degrez de latitude ; on ajoute de suite la secante d'un degré, 30 m. ou les parties aliquotes semblables de de ces secantes, & ainsi de suite.

On se sert pour cela dans la pratique, d'une échelle de parties égales, sur laquelle on prend le nombre des parties qui répondent à peu près aux secantes qui se trouvent dans les tables, en retranchant les dernieres figures.

Dans ces cartes l'échelle est changeante à mesure qu'on change de latitude ; ainsi, par exemple, si on a navigé entre le 40 & le 50 parallele, les degrez des meridiens qui sont entre ces deux paralleles serviront d'échelle pour mesurer la route ; d'où il est évident que l'on trouve moins de lieues sur les paralleles à mesure qu'ils s'approchent des poles, puisqu'on les mesure par une grandeur qui croît aussi toujours en s'avancant vers les poles.

Si, par exemple, vous voulez tracer une carte réduite du 40me d. de latitude septentrionale jusqu'au 50, & depuis le 6me d. de longitude jusqu'au 18 ; tracez premierement la ligne A B, qui representera le 40me parallele à l'équateur ; divisez-la en 12 parties égales pour les 12 d. de longitude que contient cette carte ; ayez un compas de proportion ou une échelle divisée, dont cent parties soient égales à chacun de ces degrez, élevez perpendiculairement sur les extremitez de la ligne A B deux autres lignes qui representeront deux meridiens paralleles, lesquels vous diviserez en ajoutant bout à bout les secantes convenables. Ainsi pour la distance du 40 au 41 d. de latitude, prenez sur votre échelle 131 parties & demie, qui est la secante de 40 d. 30 m. Pour la distance du 41 au 42, prenez 133 & demi, qui est la secante de 41 d. 30 m. Pour la distance du 42 au 43, prenez 136, secante de 42 d. 30 m. & ainsi de suite jusqu'au dernier degré de votre carte qui sera de 154 parties, secante de 49 d. 30 m. & marquera la distance du 49 d. de latitude au 50, & par ce moyen les degrez de latitude seront augmentez dans la même proportion que ceux de longitude auroient dû décroître.

Cette échelle de latitudes croissantes se fait bien plus exactement par le calcul, en faisant cette regle de proportion pour avoir le 2 d. de latitude croissante. Le premier degré est supposé de 60 parties. Le sinus total 100000...60...100008 secante de 1 d. 30 m. viendra au quotient 90 environ qu'il faut ajouter aux 60 du premier degré pour avoir 150 parties pour la latitude croissante de 2 d. sur l'échelle de la carte réduite.

Deuxiéme exemple, pour avoir la distance du 9me degré de latitude jusqu'au 10me. Faites la regle 100000...60...101390 secante de 9 d. 30 m. le quotient 61 ; donne cette distance du 9 d. au 10 d. de latitude sur l'échelle reduite. On voit que les deux premiers termes de la regle sont toujours le rayon total, & la distance de 60 au premier degré. C'est sur ce principe que la table suivante a été calculée.

Table des parties des latitudes croiſſantes de 10 en 10 minutes.

M	0 D	1 D	2 D	3 D	4 D	5 D	6 D	7 D	8 D	9 D	10 D	11 D	12 D	13 D	14 D
0	0	60	120	180	240	300	360	421	482	542	603	664	725	787	848
10	10	70	130	190	250	310	370	431	492	552	613	674	735	797	859
20	20	80	140	200	260	320	380	441	502	562	623	684	746	807	869
30	30	90	150	210	270	330	390	451	512	573	634	695	756	818	879
40	40	100	160	220	280	340	400	461	522	583	644	705	766	828	890
50	50	110	170	230	290	350	410	471	532	593	654	715	776	838	900
M	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	910	973	1035	1098	1161	1225	1289	1354	1419	1484	1550	1616	1684	1751	1819
10	921	983	1046	1109	1172	1236	1300	1364	1429	1495	1561	1628	1695	1762	1831
20	931	993	1056	1119	1183	1246	1311	1375	1440	1506	1572	1639	1706	1774	1842
30	941	1004	1067	1130	1193	1257	1321	1386	1451	1517	1583	1650	1717	1785	1854
40	952	1014	1077	1140	1204	1268	1332	1397	1462	1528	1594	1661	1729	1797	1865
50	962	1025	1088	1151	1214	1278	1343	1408	1473	1539	1605	1672	1740	1808	1877
M	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	1888	1958	2028	2099	2171	2244	2318	2393	2468	2545	2623	2702	2782	2863	2946
10	1900	1970	2040	2111	2184	2256	2330	2405	2481	2558	2636	2715	2795	2877	2960
20	1911	1981	2052	2123	2196	2269	2343	2418	2494	2571	2649	2728	2809	2890	2974
30	1923	1993	2064	2135	2208	2281	2355	2430	2506	2584	2662	2741	2822	2904	2988
40	1935	2005	2076	2147	2220	2293	2368	2443	2519	2597	2675	2755	2836	2918	3002
50	1946	2017	2088	2159	2232	2306	2380	2456	2532	2610	2688	2768	2849	2932	3016
M	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0	3030	3116	3203	3291	3382	3474	3569	3665	3764	3865	3967	4074	4183	4294	4409
10	3044	3130	3217	3306	3397	3490	3585	3681	3780	3882	3985	4092	4201	4313	4429
20	3058	3144	3232	3321	3412	3506	3601	3698	3797	3899	4003	4110	4219	4332	4448
30	3072	3159	3247	3337	3428	3521	3617	3714	3814	3916	4021	4128	4238	4351	4468
40	3087	3173	3262	3352	3443	3537	3633	3731	3831	3933	4038	4146	4257	4370	4488
50	3101	3188	3275	3367	3459	3553	3649	3747	3848	3951	4056	4164	4275	4390	4507
M	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
0	4527	4649	4775	4905	5039	5179	5323	5474	5631	5794	5966	6146	6335	6534	6746
10	4547	4670	4796	4927	5062	5202	5348	5500	5658	5822	5995	6176	6367	6569	6782
20	4568	4691	4818	4949	5085	5226	5373	5525	5685	5851	6025	6208	6400	6603	6819
30	4588	4712	4839	4972	5108	5250	5398	5552	5712	5879	6055	6240	6433	6638	6856
40	4608	4733	4861	4994	5132	5275	5423	5578	5739	5908	6085	6271	6467	6674	6894
50	4629	4755	4883	5017	5155	5299	5448	5604	5767	5937	6115	6303	6500	6710	6932
M	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
0	6970	7210	7467	7745	8046	8375	8739	9141	9606	10137	10765	11533	12522	13917	16300
10	7009	7251	7512	7793	8099	8433	8804	9218	9689	10234	10881	11679	12719	14216	16926
20	7048	7294	7557	7842	8152	8494	8869	9292	9774	10334	11002	11832	12927	14543	17694
30	7088	7336	7603	7892	8207	8552	8936	9368	9861	10437	11127	11992	13149	14906	18682
40	7138	7379	7650	7942	8262	8614	9005	9446	9951	10542	11257	12160	13387	15311	20075
50	7165	7423	7697	7994	8318	8676	9074	9525	10043	10652	11392	12334	13641	15770	22458

Pour y placer les rhumbs de vent, choiſiſſez un endroit commode vers le milieu de la carte, comme le point R; duquel comme centre vous décrirez un cercle aſſez grand pour être diviſé en 32 parties égales, pour les 32 airs de vent de la bouſſole. Et ayant tracé vers le haut de la carte le rhumb de vent qui marquera le N, parallele aux deux meridiens diviſez, vous y ferez une fleur-de-lis, qui fera connoître tous les autres rhumbs de vent, dont les principaux ſe doivent diſtinguer par deslignes plus groſſes.

Ensuite vous placerez, suivant leurs longitudes & latitudes, les villes qui sont ordinairement representées par leurs plans, ou par un amas de clochers & de tours, les montagnes par des ondes, les rivages & vallées par des hacheures, les fleuves & rivieres par des lignes qui serpentent, les forêts par des arbrisseaux en groupe, les ports & les rades par des ancres, les mouillages de même, les îles par leur enceinte hachée de toute part du côté de l'eau, les côtes comme les rivages, les bancs de sable ou sirtes par de petits points, les écueils & rochers par des pointes de roche quand ils sont découverts, & par de petites croix quand ils sont cachez sous l'eau, &c. & vous formerez ainsi votre carte. Vous pourrez aussi faire plusieurs roses de rhumbs de vent, suivant la grandeur de la carte; mais il faut que les lignes N & S soient toujours paralleles entre elles.

Usage des cartes réduites.

Le principal usage des cartes marines est pour y pointer ou compasser les routes, à quoi les cartes réduites sont les plus propres.

Pointer ou compasser une route, c'est marquer sur la carte le point d'où l'on est parti, celui où l'on est arrivé, avec leur distance, & le rhumb qu'on a suivi, comme aussi leur longitude & latitude. Soit qu'on ait un voyage à faire, soit qu'on soit en chemin sur mer, il y a quatre choses à connoître, la longitude, & la latitude du lieu où on va, ou bien de celui où on est. Le rhumb de vent tenu ou à tenir, & la distance des lieues faites ou à faire; il suffit de connoître deux de ces choses pour découvrir les deux autres; ce qui peut se combiner en cinq manieres que nous allons expliquer par les exemples suivans, supposant toujours la longitude & la latitude du départ connues.

PREMIER EXEMPLE.

La longitude & la latitude du départ supposées, connoissant le rhumb de vent & la distance des lieues, on demande la longitude & la latitude de l'arrivée. Un vaisseau parti de l'île Ouessant a suivi le SO quart au S, pour aller au cap de Finisterre. Le maître Pilote ayant examiné la force du vent, la quantité de voiles déployées, & connoissant par les regles ci-dessus chap. III, la vitesse de son navire, estime avoir fait 50 lieues de chemin pendant 20 heures de tems qu'il est en route, & pour marquer sur la carte le point où est le vaisseau, il doit prendre avec un compas l'étendue de 2 d. & demi, équivalens à 50 lieues sur le meridien, depuis le 46me d. jusqu'au 48me d. 30 m. & porter une pointe du compas ainsi ouvert sur le lieu d'où il est parti, & l'autre pointe étant conduite sur la ligne de route marquera le point T, où est arrivé le vaisseau. Que si vous souhaitez savoir la longitude & latitude de ce lieu d'arrivée, mettez une pointe de compas sur le point T, & l'autre sur le plus-proche parallele, conduisez perpendiculairement le compas ainsi ouvert le long du parallele jusqu'au meridien; le degré où aboutira le compas marquera la latitude du point T. Pour sa longitude mettez une pointe du compas en T, & l'autre sur le meridien le plus proche, faites couler le compas vers le parallele divisé, il vous marquera le degré de longitude.

Comme les paralleles & les meridiens ne traversent point la carte, pour ne la pas embarasser avec les rhumbs de vent, on se sert d'une regle qui traverse la carte de part & d'autre, & qui fait le même effet.

II. EXEMPLE.

La longitude & la latitude du départ supposées connoissant le rhumb de vent & la latitude de l'arrivée, on demande la longitude & la distance des lieues. Un Pilote sachant le rhumb de vent qu'il a suivi depuis son départ, & ayant pris hauteur, il connoît la latitude où est son vaisseau. On veut qu'il marque sur la carte le lieu où il est, & combien de chemin il a fait. Je suppose qu'étant parti de l'île Ouessant il est arrivé en un lieu dont la latitude est de 46 d.; cela étant il ouvrira le compas depuis 46 d. du meridien jusqu'à 48 d. 30 m. qui est la latitude du départ, où ayant placé une regle jusqu'à l'île Ouessant, il fera couler le long de cette regle une pointe de compas jusqu'à ce que l'autre pointe rencontre la ligne de route; le point d'intersection sera celui ou étoit le vaisseau au tems de l'observation, & par consequent marquera sa longitude. A l'égard du chemin parcouru, ouvrez le compas depuis ce point jusqu'au lieu du départ, & portez cette ouverture sur le meridien vis-à-vis de la route; elle ira depuis 45 d. 30 m. jusqu'à 48 d. 30 m., qui font 60 lieues de chemin, à raison de 20 lieues par degré.

III. EXEMPLE.

La longitude & la latitude du départ supposées, connoissant la latitude de l'arrivée & de la distance du chemin couru, on demande la longitude de l'arrivée & le rhumb de vent qu'on a tenu.

Un navire parti de 46 d. de latitude N, & 5 d. de longitude, a couru 200 lieues entre le S & l'O, & s'est trouvé par les 40 d. 30 m. de latitude N. Pour avoir la longitude de l'arrivée & le rhumb de vent qu'a tenu le vaisseau, ouvrez le compas à la distance de 10 d. comptant 20 lieues par degré, entre les latitudes du départ & de l'arrivée sur le meridien depuis 40 d. jusqu'à 46 d.; mais comme cela ne suffit pas, & qu'il n'y a que 6 d. prenez une ouverture de compas proportionelle au-dessus & au-dessous de la latitude courue, comme depuis 38 d. jusqu'à 48 d. de latitude pour les 200 lieues courues; mettez le compas ainsi ouvert sur le point du départ, & faites un arc de cercle vers SO, puis du point 40 d. 30 m. de latitude de l'arrivée tirez parallelement à l'E & à l'O une ligne, le point où elle coupera l'arc ci-dessus sera celui de l'arrivée : de ce point d'intersection de l'arc ci-dessus, tirez une parallele au meridien ou glissez le compas parallelement au meridien jusqu'à la ligne E & O, l'intersection sur cette ligne vous marquera la longitude de l'arrivée 353 d., donc on est descendu vers l'O de 12 d. Au lieu de prendre tout d'un coup l'ouverture de compas de 10 d. ou 200 lieues, il conviendroit davantage de ne prendre que l'ouverture de 5 d. deux fois depuis 46 d. jusqu'à 41 d. & mettant ces ouvertures l'une au bout de l'autre sur le rhumb on auroit eu l'ouverture proportionelle de 200 lieues.

Pour trouver le rhumb de vent, il faut tirer une ligne du point de départ à celui de l'arrivée, & voir quel angle elle fait avec le meridien, ou

ou à quelle ligne de la rose elle est parallele, on trouvera ici S O quart O pour le rhumb cherché.

IV. EXEMPLE.

La longitude & la latitude du départ supposées, connoissant la longitude & la latitude du lieu où on va ou de l'arrivée, on demande quel rhumb il faut tenir, & quelle est la distance des lieues?

Un vaisseau part de l'île Oueßant à 48 d. 30 m. de latitude N, & 13 d. 30 m. de longitude pour aller au cap de Finistere en Galice à 43 d. de latitude & 8 d. de longitude. On demande quelle route il faut tenir, & quelle est la distance des lieues. Imaginez-vous une ligne tirée de l'île Oueßant au cap de Finistere, examinez avec un compas à quel rhumb de vent marqué sur la carte cette ligne est parallele, ce sera celui qu'il faut suivre; vous trouverez que c'est le S O quart S qui convient à cette route.

A l'égard de la distance, prenez avec un compas d'un seul coup toute l'étendue de la route, & rapportez-la vis-à-vis de la route sur le meridien, non en commencant de compter au degré du départ, parce que vous n'auriez pas une distance proportionelle, puisque l'ouverture de compas se termineroit bien au-delà de la latitude de l'arrivée; mais rapportez-la aux degrez de latitude qui y repondent, c'est-à-dire depuis le 49 d. 7 m. 30″ jusqu'au 42 d. 22 m 30″, ce qui fait 6 d. 45 m. à 20 lieues par degré, vous trouverez 135 lieues de distance courue: ou bien contentez-vous de prendre la moitié de la distance courue, & portez-la depuis le point de départ sur le meridien vis-à-vis la route; comptez-en les lieues par les degrez, & doublez ces lieues, vous aurez dans leur somme assez justement la quantité des lieues courues.

V. EXEMPLE.

La longitude & la latitude du départ supposées, connoissant la longitude de l'arrivée & le rhumb qu'on a tenu, on demande la latitude de l'arrivée.

On est parti de 40 d. 30 m. N, & 353 d. 33 m. de longitude, on a couru N E quart E, jusques par les 5 d. de longitude; on connoîtra ainsi la latitude de l'arrivée & les lieues de distance. Tirez du point du départ connu, une ligne indefinie parallele à N E quart E, tirez encore du point 5 d. de longitude une parallele au premier meridien, le point d'intersection se trouvera par la latitude de 46 d. Pour la distance des lieues, prenez avec un compas l'ouverture du point du départ à celui de l'arrivée, & portez-la vis-à-vis la route sur le meridien, il y aura autant de 20 lieues que de degrez, c'est-à-dire depuis 38 d. jusqu'à 48 d. de latitude, les 10 d. font 200 lieues.

VI. EXEMPLE.

Connoissant les latitude & longitude d'un lieu, trouver ce lieu dans la carte réduite. Ayant mis la pointe d'un compas à carte marine sur le deg. de latitude connue, & l'autre sur le plus proche parallele, il faut de l'autre main mettre la pointe d'un second compas sur le degré de longitude connue, & l'autre pointe sur le plus proche meridien, & faire couler ces deux compas jusqu'à ce que deux de leurs pointes se rencontrent. Le point de jonction sera le lieu cherché.

Si une carte étoit trop petite, comme s'il falloit aller aux côtes d'Afrique qui ne fussent pas marquées en celle-ci, on prolongera la carte comme nous avons enseigné à en faire sur le même point que celle-ci pour l'y coller, ou bien on passera de cette carte à un autre des côtes d'Afrique peut-être plus grande ou plus petite; si on prolonge la carte en y en collant une autre de même point, il n'y aura qu'à faire les operations comme sur une même carte; mais s'il faut changer de carte, il faut trouver dans la nouvelle le point où on est arrivé: De ce point, comme du départ, connu par sa longitude & latitude, on tracera sur cette carte une nouvelle route, comme nous avons dit en l'exemple premier.

Remarquez que les corrections à faire sur le compas de route, doivent aussi se pratiquer sur la carte réduite, comme sur le quartier de réduction.

Il n'y a de corrections à faire sur les cartes réduites qu'en se conformant à la latitude observée, qui seule suffira avec le rhumb de vent corrigé, ou avec la longitude observée.

Si on veut lire avec quelque attention ce que nous avons dit dans le calcul sur le 5me exemple d'une route pratiquée par le quartier de réduction, on y apprendra que la trigonometrie se peut appliquer heureusement à la carte réduite au moyen de la table des latitudes croissantes, qu'on y évite même les réductions de lieues mineures en lieues majeures, & la recherche du moyen parallele; parce qu'on y forme toujours des triangles rectangles, dont trois choses sont connues avec leurs proportions. Ce qui suffit pour avoir le reste du triangle de navigation sur la carte, & par les nombres: Ainsi, *par exemple*, j'ai couru N E quart N depuis le 45 d. de latitude N jusques au 51 d. aussi N; je connoitrai la difference de longitude courue depuis le départ, en faisant cette analogie. Comme le rayon total 100000 ... est à 539 parties, qui dans la table des latitudes croissantes conviennent à la difference des 6 d. de latitude courue .... ainsi 66817, tangente du rhumb de vent connu & tenu, est au quatriéme terme, qui dans cet exemple est 360, lesquels sont des minutes E. Parce que le premier degré de latitude croissante est estimé 60 parties, comme le premier degré de longitude sur l'équateur, ce quotient 360 divisé par 60 donnera 6 d. de longitude sur le parallele de l'arrivée, c'est ce qu'on cherchoit.

Changez les termes de cette analogie comme il convient, vous aurez le rhumb de vent tenu, si vous connoissez la difference en longitude & en latitude en cette maniere: 360 ... 100000 ... 539 ... le quotient ou quatriéme terme donnera dans la table des tangentes, la tangente de l'arc du complement du rhumb cherché.

Par une analogie aussi convenable on aura sur ce principe la latitude de l'arrivée, pourvu qu'on connoisse sa difference en longitude de la route, le rhumb de vent tenu, & la latitude du départ supposée connue en cette sorte ... 66817 tangente du rhumb connu ,.. 360 ... 100000 ... le quotient ou quatriéme terme donnera 539, qui dans la table des latitudes croissantes repondent à 6 d. de latitude, à compter depuis la latitude du départ qui étoit au 45 d.

Mais pour avoir l'hypotenuse de ces triangles ou la distance des lieues courues, la table des latitudes croissantes n'est pas d'un grand secours, elle n'est utile que pour les deux côtez du triangle. Il faudra donc convertir les degrez de latitude en lieues majeures, c'est-à-dire multiplier chaque

degré par 20, & operer ainſi : Comme le rayon total... 100000 ... eſt à la quantité des lieües majeures, ou degrez de latitude multipliez par 20... 120 ... ainſi la ſecante de l'angle du rhumb ... eſt au quatriéme terme, qui eſt la diſtance des lieues courues, ou la longueur de l'hypotenuſe en lieues marines de 20 au degré.

Reduiſez les degrez de la difference de longitude courue en autant de lieues que l'eſpace qu'ils contiennent ſur le parallele de l'arrivée en vaut ſur l'équateur, & mettez ce nombre de lieues en place du ſecond terme de l'analogie ci-deſſus ; au troiſiéme terme, mettez la ſecante du complement du rhumb, vous aurez au quotient la même choſe que deſſus, c'eſt-à-dire la diſtance des lieues courues, ou l'hypotenuſe du triangle de navigation.

VII. EXEMPLE.

Pratique à la rade.

Etant arrivé à une rade marquée ſur la carte réduite, & ayant un plan de cette rade, on demande ſur le plan le point où eſt le vaiſſeau. Soit le vaiſſeau à la rade A, planche 24 figure Z Z, il faut s'aſſurer du point de poſition du vaiſſeau dans cette rade, pour éviter les écueils qui pourroient s'y rencontrer : on trouve ce point par une ſeule ſtation ſur le vaiſſeau. Soient les trois points connus & marquez ſur le plan de la rade D C B, prenez ſur le vaiſſeau avec un inſtrument les angles viſuels B C D, enſuite prenez un raporteur, & ajuſtez en le centre ſur le plan à peu près au point où vous jugez que doit être le vaiſſeau, puis reculez ou avancez le raporteur de maniere que les angles ſoient les mêmes ſur le plan qu'ils ont été obſervez ſur le vaiſſeau vers B C D ; alors le centre du raporteur marquera ſur le plan la poſition juſte du vaiſſeau, & on verra ſi ce point ne ſe trouve pas ſur le plan au point de quelque briſant ou rocher, cette methode toute mecanique qu'elle eſt, paroît la plus juſte.

Ou bien géometriquement : Obſervez avec un inſtrument de deſſus le vaiſſeau, les angles compris entre les rayons viſuels A B, A C & A D, formez auſſi ſur le plan le triangle B C D par des lignes tirées de ces trois points B C D, & de la baſe B D tirez du côté de la terre des lignes B E, D E, qui faſſent des angles égaux aux obſervez ſur le vaiſſeau, faites l'angle D B E, égal à l'obſervé D A C, & reciproquement B D E égal à l'obſervé B A C, pour avoir le point d'interſection G, ſur le plan du côté de la terre. Enſuite faites paſſer un cercle par les trois points B G D, & ſoit tirée la ligne G C, prolongez-la juſqu'à la circonference du cercle ; alors le point A où la ligne G A C rencontre la circonference du cercle, eſt le point ſur la carte où eſt le vaiſſeau.

VIII. EXEMPLE.

Pratique à la vue des côtes.

Connoiſſant les côtes & les terres à la vue, & leur ſituation par rapport au vaiſſeau, on demande le point où on eſt ſur la carte. Etant ſur un navire je regarde que l'île Oueſſant eſt au N E, & l'île des Saints à l'E,

on veut ſavoir ſur la carte le point où l'on eſt : on tire ſur la carte d'Oueſſant une parallele au S O, ou N E, & de l'île des Saints une autre ligne parallele à l'O ou E, le point où elles ſe rencontrent repreſente le lieu où on eſt : c'eſt ce qu'on appelle auſſi relever les terres. De la même maniere, de deux poſitions de vaiſſeau, & le rhumb connu, ſi on decouvre les mêmes objets, on peut faire la carte des côtes ; il ne faut que ſe rappeler ce que nous avons dit des uſages du demi-cercle & de la bouſſole, pour lever les plans, & l'appliquer ici pour ſavoir comment on doit ſe comporter pour lever les plans de deſſus un vaiſſeau qu'on auroit arrêté ſur ſes ancres en deux points, dont on connoitroit l'alignement par le rhumb de vent, & la diſtance par le loch. Il ne nous reſte plus qu'à parler de la maniere de lever les vues des terres & des côtes, ce qui eſt très-utile à ceux qui approchent des terres ; nous le ferons à la fin de cet ouvrage en donnant l'uſage d'un inſtrument pour lever ces vues très facilement.

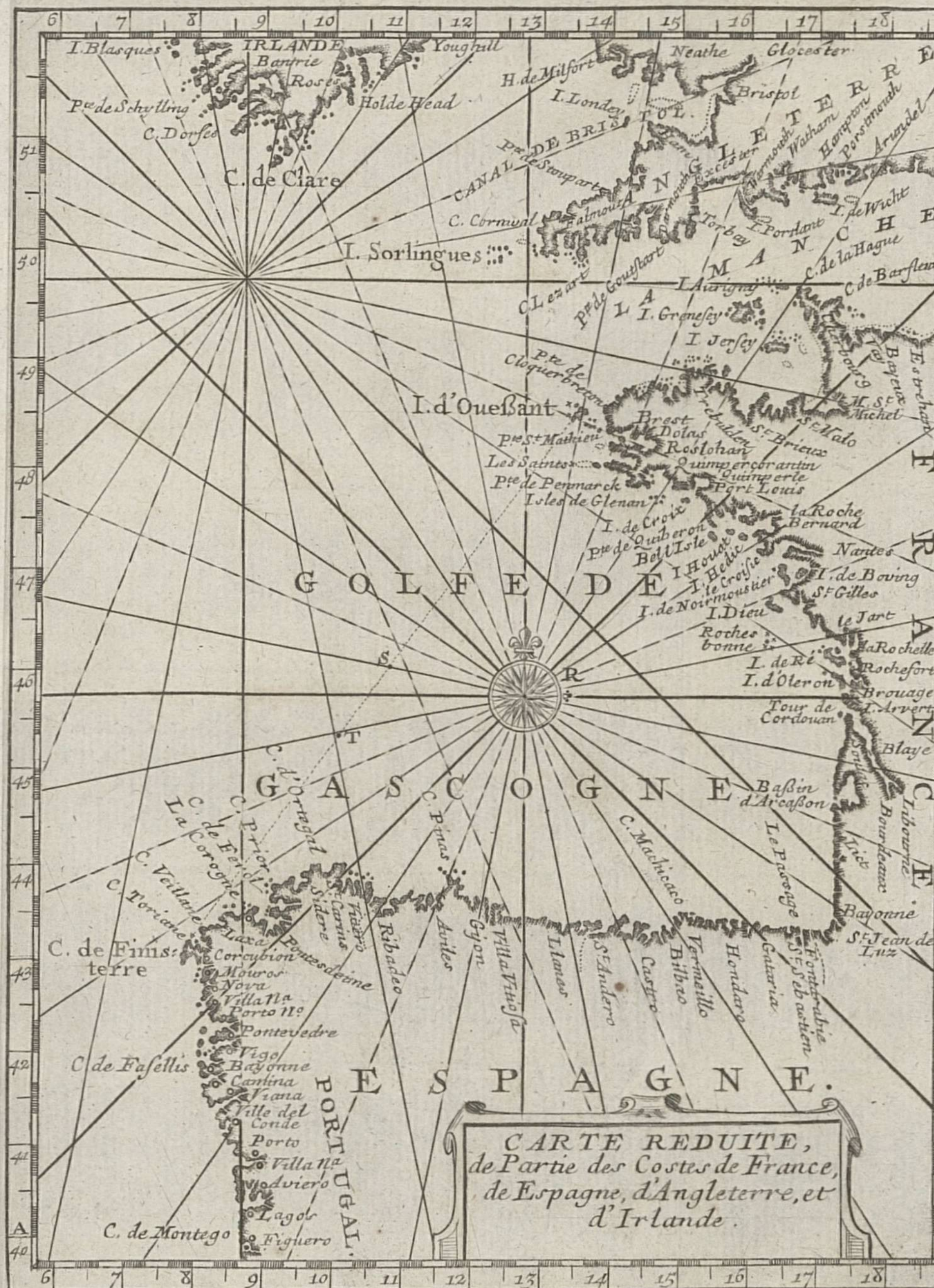
Des loxodromies.

AYant expliqué ſuffiſament ci-deſſus dans l'article des cartes reduites, la nature de la loxodromie, qui n'eſt autre choſe que la ligne que decrit un vaiſſeau quand il ſuit un même rhumb de vent, qui n'eſt ni N & S, ni E & O, laquelle ligne eſt alors une courbe ou ſpirale. Il ne nous reſte plus qu'à enſeigner la maniere de tracer ces lignes courbes ſur un globe terreſtre ou une mappemonde, & la methode de s'en ſervir dans la navigation.

Decrivez une roſe ſur un petit papier, diviſez-la en ſes 32 airs de vent, huilez le papier & placez-le ſur un globe terreſtre au milieu de l'Ocean ou d'autres mers, de ſorte que la ligne N & S convienne à la même ſur le globe, & la ligne E & O aux mêmes lignes ſur l'équateur ; alors vous marquerez les points des diviſions de la roſe ſur le globe, pour prolonger les rhumbs de vent ſur les meridiens voiſins, enſuite placez votre papier huilé ſur le meridien plus voiſin à un point d'interſection, *par exemple*, figure H au point C, & orientez la roſe comme au premier meridien, marquez ſur les meridiens qui ſuivent, un point comme vous avez marqué en C ; vous decrirez une ligne courbe par tous ces points, laquelle ſera une loxodromie, il faut en faire autant ſur toutes les premieres ou les huit rhumbs de vent qui ſont partis de la roſe au point A, & les conduire de meridien en meridien juſqu'aux environs du pole, vous aurez les loxodromies marquées ſur un globe. Ce que vous faites ſur l'équateur on le peut encore repeter ſur tout autre parallele, afin de donner plus de roſes ſur le globe, & faciliter le pointage des routes par loxodromie : Il faudra choiſir les places les plus avantageuſes ſur le globe, comme on a fait ſur la carte reduite. Ce que vous aurez pratiqué ſur le globe, ſe pratiquera de la même maniere ſur les meridiens d'une mappemonde obſervant toujours de bien orienter la roſe tranſparente ſur le meridien, ou bien de faire un cercle du point A, comme centre, que vous diviſerez pour en tirer les loxodromies ou rhumbs obliques : Enſuite un autre au point C, comme centre, pour continuer, *par exemple*, le quatriéme rhumb, la diviſion commencera du côté du N, & finira pour un quart au parallele ſur lequel eſt la roſe, comme on a fait de A comme centre aux points Y & Z ; ainſi du reſte.

XXIV. Planche. Fig. H.

Pour pointer une route ſur le globe, comme pour aller du 20 d. de



CARTE REDUITE, de Partie des Costes de France, de Espagne, d'Angleterre, et d'Irlande.

latitude 3 d. de longitude à 33 d. de latitude & 10 d. de longitude E, prenez sur le globe avec un compas la distance de 20 à 33 d. de latitude sur un même meridien, & avec un autre compas sur le parallele de 33 d. & sur le meridien de 3 d. de longitude, la distance à 10 d.; ensuite conduisez le premier compas sur les paralleles de 20 & 33 d. jusqu'à ce que vous rencontriez quelque ligne loxodromique; alors arrêtant sous le meridien, le point où est coupé le parallele de 20 d. par une loxodromie, prenez le second compas avec son ouverture, portez-le sur le parallele de 33 d. & voyez si la loxodromie s'écarte vers E de 7 d. difference en longitude; si cela est, il faudra prendre ce rhumb pour aller au lieu proposé, parce qu'il est parallele à la route qu'on a dessein de courir. Ce que vous faites sur le globe, vous le faites aussi sur la mappemonde à très-peu près; mais la navigation par les loxodromies se pratique bien plus surement par le calcul & les tables, dont nous donnons ici le principe & un modele, chacun devant en faire comme il en aura besoin, parce qu'on peut être obligé d'en faire pour chaque degré du quart de cercle. On sait d'ailleurs que ce qu'on fait sur un quart du globe ou de la mappemonde sert aux trois autres quarts, & qu'il suffit de donner des regles pour ce quart, elles sont les mêmes pour les autres trois.

Chaque table de loxodromie contient trois colonnes, elle commence à l'équateur & s'augmente en approchant du pole. Voici une partie de celle dont on se sert dans la troisiéme loxodromie, où le vaisseau est supposé parti de l'équateur avec un rhumb de 33 d. 3 quarts, & égal sur tous les meridiens, l'hypotenuse des triangles qu'il fait supposée de 10 en 10 lieues. Il sera aisé de continuer cette table & de trouver des quantitez proportionelles.

Table de la troisiéme loxodromie, qui commence à l'équateur, & fait, avec les meridiens qu'elle rencontre, un angle de 33 d. 3 quarts.

Lieues de distance courue.	Latitude. D	M	Longitude. D	M
10		25		16
20		50		33
30	1	15		49
40	1	40	1	7
50	2	5	1	23
150	6	14	6	21
1100	45	44	34	26
1130	46	59	35	38
1250	51	58	40	47
1280	53	13	42	9
1680	69	51	66	7

XXIV. Planche. Fig. [illegible]

Soit A I L, une partie de la surface du globe, I l'un des poles, A L une partie de l'équateur, & A C E K le troisiéme quart de vent ou la troisiéme loxodromie, & que la partie A C soit de 10 lieues, lesquelles multipliées par trois feront 30 tiers de lieues, égaux chacun à une minute d'un grand cercle; ainsi au triangle A B C rectangle en B, ayant les tiers de lieues A C connus, avec les angles aigus A & C, l'on trouvera les minutes de latitude sur le meridien A B par cette regle de trois... 100000 rayon B C... est aux 30 tiers de lieues A C... 30... comme 83147 sinus de l'angle C 56 d. 15 m. complement du rhumb de vent, est aux minutes de latitude A B, il vient au quotient 24 $\frac{94}{100}$ de minutes, c'est-à-dire presque 25 m. de difference en latitude pour le côté A B repondant à 10 lieues sur le rhumb A C, & successivement sur chaque 10 lieues jusqu'au bout de la loxodromie, ou depuis l'équateur jusqu'au

pole; ainsi la distance A C de 10 lieues donne A B ou C G 25 m. de latitude, A E étant de 20 lieues, donne A H ou F E 50 m. de latitude; ainsi du reste.

Pour calculer la troisiéme colonne des longitudes. Ayant la difference en latitude A B & l'angle de rhumb de vent, il faut trouver la difference en longitude B C, avec les latitudes croissantes. Faites cette regle de trois: Le rayon est aux parties croissantes de difference en latitude A B... comme la tangente du rhumb de vent est aux minutes de longitude pour le côté BC, & en continuant par la difference en latitude C D & le rhumb de vent, on trouve les minutes de longitude pour D E, ainsi pour tous les autres triangles, dont l'un des côtez marque toujours la difference en latitude de 25 m., & en ajoutant les minutes de longitude de D E à celles de A G ou H D, l'on a les minutes de longitude de H E ou A F, & ainsi du reste. De sorte que vis-à-vis de chaque latitude, l'on trouve les lieues de distance depuis l'équateur sur ce rhumb de vent, & les degrez & minutes de difference en longitude, aussi depuis l'équateur jusqu'à ce point en suivant ce rhumb de vent.

Remarquez que plus les triangles A B C sont petits, en contenant moins de lieues pour A C, plus les calculs sont justes; parce que le triangle approche plus d'un rectiligne, dont la distance des lieues est l'hypotenuse, la latitude observée un côté, & un angle de 90 d., outre cela l'angle du rhumb est connu, le calcul est aisé par les regles generales.

La table de loxodromie donne trois choses qui regardent le départ, & dans chaque demande ou regle de navigation, on a outre cela ou la difference en latitude, ou la difference en longitude, ou la distance des lieues courues, ce qui sert à trouver ainsi le reste, comme on va voir en cinq exemples qui repondent à ceux que nous avons donnez sur la carte reduite & le quartier de réduction.

PREMIER EXEMPLE.

On part de 46 d. 59 m. N & 12 d. de longitude, on a couru 150 lieues N O quart N, on demande la latitude & la longitude de l'arrivée.

Dans la table de N O quart N, ou de la troisiéme loxodromie vous avez vis-à-vis, depuis l'équateur jusques & vis-à-vis de 46 d. 59 m. dans la premiere colonne 1130 lieues, dans la troisiéme 35 d. 3 m. de longitude; ajoutez les 1130 lieues du départ aux 150 d'arrivée, vous y aurez 1280 lieues depuis l'équateur; & vis-à-vis à la seconde colonne 53 d. 13 m. de latitude à l'arrivée, à côté du même article vous voyez 42 d. 9 m. de longitude, ôtez de cette longitude celle de 35 d. 38 m. dans la troisiéme colonne, restera 6 d. 31 m. veritable difference en longitude, laquelle étant ôtée de longitude du départ parce qu'on a couru O, il a resté 5 d. 29 m. de longitude de l'arrivée. Mettez au net.

	Lieues	Latitude		Longit.	
		D	M	D	M
A la latitude de départ il y avoit depuis l'équateur	1130	46	59	35	38
Lieues de distance courue à ajouter	150				
Donc lieues de l'arrivée, & est écrit vis-à-vis	1280	53	13	42	9
Longitude du départ				12	
Difference tant en longitude qu'en latitude		6	14	6	31
Donc longitude d'arrivée				5	29

Si les latitudes étoient de differentes denominations, l'une septentrionale & l'autre meridionale, il les faudroit ajouter l'une à l'autre, pour avoir leur difference en leur somme, comme nous avons fait au quartier de réduction, & quand une longitude excedera 360 d. il faut compter un.

II. EXEMPLE.

Les longitude & latitude de départ supposées, & le troisiéme rhumb tenu, on demande la longitude de l'arrivée & la distance des lieues.

On est parti de 46 d. 59 m. N 12 d. de longitude, on est arrivé à 53 d. 13 m. de latitude sous N O quart N; otez de 53 d. 13 m. 46 d. 59 m. resteront 6 d. 14 m. pour la difference des latitudes: par la regle ci-dessus à côté de 6 d. 14 m. de latitude on doit trouver dans la table 150 lieues; vous aurez la difference en longitude en cherchant dans le même rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. 35 d. 38 m. de longitude, & vis-à-vis de 53 d. 13 m. de latitude 42 d. 9 m. de longitude; ôtez de 42 d. 9 m. 35 d. 38 m. resteront 6 d. 31 m. de difference en longitude, laquelle est O partant à ôter de 12 d. du départ: on sera donc arrivé à 5 d. 29 m. de longitude, après avoir couru 150 lieues entre les paralleles susdits. Mettez au net.

III. EXEMPLE.

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 de longitude, on a singlé 150 lieues entre N & O; on observe 51 d. 58 m. de latitude N, on demande la longitude de l'arrivée & le rhumb de vent.

Examinez des tables de differens rhumbs, ou faites-les, jusqu'à ce que vous ayez trouvé celle où la difference des lieues qui repondent aux deux latitudes du départ & de l'arrivée soient precisement les 150 lieues de distance proposées, ce qui se trouve ici dans le troisiéme rhumb entre 1100 lieues, qui repondent au départ, & 1250 qui repondent à l'arrivée en latitude; d'où on conclud qu'on a tenu N O quart N. Cherchez vis-à-vis de 150 lieues à la colonne des longitudes, repondent 6 d. 21 m. de difference; & parce qu'on a singlé vers O, il les faut ôter de 357 d. resteront 350 d. 30 m. de longitude pour l'arrivée. Mettez au net.

IV. EXEMPLE.

On part de 46 d. 59 m. N, & 12 d. de longitude, on veut aller à 53 d. 13 m. N & à 5 d. 29 m. de longitude; quelle loxodromie ou rhumb prendra-t-on, & combien y a-t-il de chemin à faire.

Examinez dans les tables de differentes loxodromies vis-à-vis des deux latitudes données, si vous trouvez entre les longitudes qu'elles marquent chacune à leurs côtez, la difference de 6 d. 31 m. de longitude. Dans la table du troisiéme rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. de latitude, vous avez 35 d. 38 m., & vis-à-vis de 53 d. 13 m., vous avez 42 d. 9 m. de longitude; ce qui fait la difference de 6. d. 31 m.; c'est donc ce rhumb qu'il faut prendre.

Pour avoir la distance de chemin à faire, prenez la difference d'entre les latitudes, vous aurez 6 d. 14 m. lesquels en cette table donnent à leur côté 150 lieues de chemin. Mettez au net.

V. EXEMPLE.

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 m. de longitude pour aller par N O quart N au 350 d. 30 m. de longitude, on demande quelle sera la latitude de l'arrivée, & combien il y a de chemin.

Cherchez dans la table de la troisiéme loxodromie, ou du troisiéme rhumb, la longitude qui repond à 45 d. 44 m. N; c'est 34 d. 26 m. de longitude: ajoutez-y la difference connue qui est ici 6 d. 30 m., & vous aurez 40 d. 56 m. Cherchez ce nombre dans la table du troisiéme rhumb parmi les longitudes, & vous lirez vis-à-vis 51 d. 58 m. c'est la latitude de l'arrivée.

Pour le chemin, ôtez le chemin de latitude de 45 d. 44 m., qui est en la table 1100 lieues, de celui qui repond à 51 d. 58 m. qui est 1250 lieues, vous aurez dans le reste 150 lieues de chemin à faire. Mettez au net. La route composée, les corrections du compas & de l'estime, comme ci-dessus.

Des marées ou flux & reflux de la mer.

Les navigateurs ne doivent pas ignorer ce que c'est que le flux & reflux de la mer, ni l'heure qu'elle est basse ou haute dans les differentes côtes qu'ils navigent. Quelque science qu'on ait des marées dans les ports, il n'est pas de la prudence de se hazarder d'y entrer sans le secours d'un Pilote côtier, qu'on appelle par un ou trois coups de canon, lorsqu'étant a la vue du port, on s'y soutient sur ses ancres après avoir examiné & sondé à un cable de distance autour du vaisseau s'il n'y a rien à craindre, & pour attendre le pilote & le flux qui porte dans le port.

Le flux ou flot de la mer est lorsqu'elle monte, & le reflux ou le jussant est lorsqu'elle descend. Il y a flux & reflux deux fois par 24 h. 48 m. c'est-à-dire, que la mer venant de la Zone torride allant vers chacun des poles, elle monte le long des côtes pendant 6 h. 12 m. & puis se retire pendant 6 h. 12 m. & ainsi est à sa plus grande hauteur de 12 en 12 h. 24. m. ce qu'on appelle pleine mer, & elle est basse aussi de 12 en 12 h. 24 m. ce qu'on appelle basse mer.

L'on appelle vives-eaux ou reverdies les marées au tems des nouvelles & pleines lunes, parce que la mer monte davantage pour être pleine mer, & elle baisse davantage pour être basse mer, qu'elle ne fait dans les quadratures, qu'on dit alors les mortes-eaux.

Communement les marées montent & baissent davantage au tems des équinoxes qu'en toutes autres saisons de l'année, c'est pourquoi les reverdies de ce tems-là se nomment les grandes malines. On estime que la mer monte & baisse environ un 6me plus aux reverdies des équinoxes qu'à celles des solstices, & dans les autres tems à proportion. Lorsqu'on est dans des côtes, on doit soigneusement remarquer combien les marées y montent depuis la basse mer jusqu'à la haute; & par supputation, faire la même chose pour les grandes malines. On verra dans les tables ce que les marées montent dans chaque côte aux grandes malines. Il est bon de savoir que les vents augmentent beaucoup les marées quand ils portent vers les côtes.

L'on sait aussi que, suivant toutes les apparences, les mouvemens de la mer sont reglez par les mouvemens de la lune, car la mer retarde de 48 m.

qui

qui ſont trois quarts d'heure & trois minutes par jour, comme fait la lune; & par conſequent la mer auſſi-bien que la lune retarde de quatre heures en cinq jours, & ainſi à proportion; & toutes les fois qu'il eſt pleine mer dans un port ou dans une côte, c'eſt toujours au moment que la lune ſe trouve à un même cercle horaire. Nous avons donné quelque raiſon du flux & reflux de la mer dans le traité de l'uſage des globes.

Il y a pluſieurs tables qui marquent l'heure de la pleine mer aux jours de la pleine & nouvelle lune dans differens ports, havres & côtes. Celle qui ſuit montre à quelle heure il eſt pleine mer dans les principaux ports de France, d'Angleterre & de Hollande, après le paſſage de la lune par le meridien de ces lieux.

Table du retardement des marées en differens ports.

	D.	M.		D.	M.		D.	M.
L'Embouchure de la Tamiſe,	0	0	Dordreck,	3	0	Iſigni,	8	0
L'Ecluſe,	0	30	Olone,	3	15	Etreham,	8	30
Fleſſingue,	0	30	Beauvoir,	3	15	Dive,	8	30
Rouen,	1	15	Dingle,	3	15	Caën,	9	0
Belle-Iſle en Bretagne,	1	30	S. Jean de Lutz,	3	30	Honfleur,	9	0
Yermouth en Angleterre,	1	30	Baïonne,	3	30	Le Havre,	9	0
L'Embouchure de la Meuſe,	1	30	Vannes,	3	45	Feſcamp,	9	45
Breſt,	2	45	La Rochelle,	3	45	S. Vallery en Caux,	9	45
Cap de Four,	2	45	Brouage,	3	45	Dieppe,	10	30
La côte de Gaſcogne & de Guïenne,	3	0	S. Pol de Leon,	4	0	Le Treport,	10	30
L'Embouchure de la Garonne,	3	0	Rochefort,	4	15	Larie en Angleterre,	10	30
L'Iſle de Ré,	3	0	Rochebernard,	4	30	L'Embouchure de la Somme,	11	0
La côte du Poitou,	3	0	Falmouth en Angleterre,	5	30	S. Valery en Picardie,	11	0
L'Embouchure de la Loire,	3	0	Plimouth, & à Dermont,	6	0	Boulogne,	11	0
Barvic en Angleterre,	3	0	S. Malo,	6	0	Ambleteuſe,	11	30
Amſterdam,	3	0	Cancale,	6	0	Douvre,	11	30
Roterdam,	3	0	Mont S. Michel,	6	30	Calais,	11	30
			Pontorſon,	6	30	Dunkerque & Nieuport,	12	0
			Granville,	6	45	Oſtende,	12	0
			Briſtol en Angleterre,	6	45			
			Barneville,	7	0			
			Cherbourg,	7	30			
			Barfleur,	7	30			

Le 8me Août 1725, la lune paſſe au meridien de Dieppe à 0 h. 13 m. ou midi 13 m. Dans la table, l'heure de la pleine mer à Dieppe eſt 10 h. 30 m. après le paſſage de la lune au meridien. Ajoutez ces deux ſommes; il ſera pleine lune à Dieppe le 8me Août 1725 à 10 h. 43 m. du ſoir.

On ſe ſert encore utilement de la connoiſſance des marées, lorſqu'arrivé à la vue d'un port on s'eſt ſoutenu à l'ancre pendant un jour, & qu'on a ſu d'une chaloupe à quelle heure & à quelle hauteur la marée a monté:

alors connoissant l'âge de la lune, on sait si après 12 heures 24 m. elle sera plus ou moins haute, & à quelle heure. Si, *par exemple*, le 5me Mars 1726 on se presente au port de Bordeaux, on connoîtra que la lune aura deux jours après la nouvelle lune; la lune retarde donc de 1 h. 36 m. à passer par le meridien. La marée en nouvelle lune a été trouvée sur les lieux à 3 h. 40 m. après le passage de la lune au meridien, par observation ou par la table de son retardement aux ports principaux ci-dessus; donc le 2me de la lune, la marée arrivera 1 h. 36 m. plus tard, c'est-à-dire, que le 5me Mars 1726 la marée donnera lieu d'entrer à Bordeaux à 5 h. 25 m. du matin, ou à 5 h. 49 m. du soir le même jour. Pour éviter le calcul d'une table du retardement des marées, en voici une toute calculée.

Table du retardement des marées selon les jours d'après la nouvelle & pleine lune.

Jours d'après la nouvelle lune.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jours d'après la pleine lune.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Heure & mi. H.	0	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12
de retardem. M.	0	48	36	24	12	0	48	36	24	12	0	48	36	24	12	0

Du journal de navigation.

POur éviter beaucoup d'écriture, on fait un journal de navigation dont vous voyez un modele plus-bas, où on marque en peu de mots & très-clairement tout ce qui s'est passé dans le voyage. Au moyen du calcul que nous avons enseigné dans tous les exemples de navigation, on dresse les articles particuliers de ce journal; & en pratiquant l'exemple de la route composée, on arrête ce journal de tems en tems pour savoir où on est, afin de prendre les precautions necessaires, si on a lieu de soupçonner qu'on approche de terre; auquel cas on met la chaloupe en mer, qui sonde devant le vaisseau, & l'avertit des dangers qu'il coureroit s'il levoit ses ancres, ou s'il employoit trop de voiles. La sonde est un cône de fer, creux sous sa base, & rempli de suif: quand on la jette elle donne la profondeur de la mer par ce qu'elle file de corde, & rapporte colé au suif la nature du sable, ou des traces raboteuses, si c'est un fond de roche. La figure V. est un vaisseau.

XXIV. Planche. Fig. 5.

Jour du m. de ann.	*quali-té du vent*	*dist esti.*	*dist. corr.*	*rumb estim.*	*rumb corri.*	*latitude estimée*	*latitude observ. D. M. N*	*moyen paral-lele. D. M.*	*longit. estim.*	*longit. corrig.*	*variat. compas. degrez.*	N	S	E	O
1	SE	27	24	SOS	SOS	50 46	50 49	0 0	0 0	12 20	3 NO	0 0	20	0 0	13
2	*Calme*	70	& ainsi pour chaque autre jour de navigation.												

Voilà en abregé la construction & les usages des principaux instrumens qui servent à la navigation. Il y a sur cette matiere quantité d'autres choses à dire; mais comme elles sont hors de notre dessein, nous n'en dirons pas davantage. Les curieux de cette science trouveront plusieurs bons livres qui en traitent à fonds.

Fin du septiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES CADRANS AU SOLEIL.

LIVRE HUITIE'ME.

Remarques & définitions appartenantes aux cadrans.

LA gnomonique, dont nous avons à traiter ici est la ſcience de marquer ſur un plan la projection des cercles de la ſphere, & par l'ombre d'un ſtyle tombant ſur quelqu'une des lignes les repreſentants, faire conoître le cercle horaire dans lequel le ſoleil ſe trouve, c'eſt-à-dire faire conoître l'heure qu'il eſt.

Selon cette définition, le ſoleil, l'extremité du ſtyle ou l'axe du cadran dans ſa poſition parallele à l'axe du monde, & l'ombre ou la ligne horaire qui en eſt marquée ſont dans un même plan.

Les Cadrans au ſoleil prennent leurs noms des principaux cercles de la ſphere auſquels ils ſont paralleles. On appelle par exemple, cadran horiſontal celui qui eſt parallele à l'horiſon ; cadran équinoxial, celui qui eſt parallele à l'équateur; cadrans verticaux, ceux qui ſont paralleles à quelqu'un des cercles verticaux, & ainſi des autres.

Aux ſurfaces des cadrans pour y montrer l'heure, on met deux ſortes de ſtyles; l'un appellé droit, qui conſiſte en une verge pointuë, laquelle par ſon extremité & d'un ſeul point d'ombre marque l'heure ou partie d'heure qu'il eſt; l'autre eſt nommé ſtyle oblique ou incliné, ou bien axe, qui montre l'heure par une ombre étendue.

Le bout du ſtyle droit de tous les cadrans repreſente le centre du monde & par conſequent des cercles dont ils tirent leur denomination. Le plan du cadran eſt éloigné du centre de la terre, autant que le ſtyle droit a de longueur.

La diſtance du ſoleil au centre de la terre eſt ſi grande, que l'on peut eſtimer tous les points de la ſuperficie de la terre que nous habitons, comme s'ils étoient joints au centre même, ſans que l'on puiſſe s'appercevoir que cette difference, qui eſt la diſtance de tout le demi-diametre de la terre, c'eſt-à-dire, plus de 1400 lieues communes de France, apporte aucun changement ſenſible au mouvement journalier du ſoleil autour du centre de la terre, ou autour d'une ligne droite qui paſſe par ce centre, & que l'on nomme l'axe du monde.

C'eſt pourquoi l'extremité du ſtyle de tous les cadrans peut être priſe pour le centre de la terre, & la ligne parallele à l'axe du monde qui paſſe par l'extremité de ce ſtyle, peut être conſiderée comme l'axe du monde.

Les lignes horaires que l'on trace ſur les plans des cadrans ſont les rencontres des cercles horaires de la ſphere du monde avec le plan des cadrans.

Le centre du cadran eſt la rencontre de ſa ſurface avec l'axe du cadran qui paſſe par la pointe du ſtyle, & qui eſt parallele à l'axe du monde. Toutes les lignes horaires ſe rencontrent au centre du cadran.

Tous les plans des cadrans peuvent avoir un centre, hormis ceux qui ſont orientaux, occidentaux ou polaires, dont les lignes horaires ſont paralleles entre elles & à l'axe du monde.

La verticale du plan du cadran eſt une ligne qui paſſant par l'extremité du ſtyle, rencontre perpendiculairement ce plan, & y determine le pied où le lieu du ſtyle; on appelle ſtyle droit ou hauteur du ſtyle, la partie de cette verticale compriſe entre le pied & la pointe du ſtyle.

La verticale du lieu eſt la ligne droite qui paſſant par l'extremité du ſtyle eſt perpendiculaire à l'horiſon.

On appelle encore ligne verticale, celle des lignes d'un cadran qui paſſant par le pied du ſtyle eſt perpendiculaire à l'horiſontale, elle eſt la ſection que fait avec la ſurface du cadran, le cercle vertical qui lui eſt perpendiculaire.

Il y a auſſi deux meridienes, dont l'une eſt la meridiene propre du plan ou la ſouſtylaire, parce que ſon cercle qui eſt un des meridiens, paſſe par la verticale du plan, & par conſequent par le pied du ſtyle; l'autre qui eſt la meridiene du lieu, a ſon cercle meridien qui paſſe par la verticale du lieu.

Lorſque le cadran ne décline point à l'orient ou à l'occident, la ſouſtylaire ou la meridiene du plan eſt jointe à la meridiene du lieu ou ligne de 12 h. quoique la ſurface du cadran ſoit verticale ou horiſontale, ou même inclinée en deſſus ou en deſſous.

La ligne horiſontale du cadran eſt la rencontre de la ſurface du cadran avec un plan horiſontal ou de niveau, qui paſſe par la pointe du ſtyle.

La ligne équinoxiale eſt la rencontre de la ſurface du cadran avec le plan du cercle équinoxial. Cette ligne eſt toujours d'équerre avec la ſouſtylaire; c'eſt pourquoi lorſque la ſouſtylaire eſt poſée, & que l'on a un point de la ligne équinoxiale, on a auſſi la poſition de toute cette ligne. Au contraire la ligne équinoxiale étant donnée, on aura la ſouſtylaire qui ſera la ligne perpendiculaire ou à angles droits à cette équinoxiale; la ſouſtylaire doit paſſer par le pied du ſtyle & par le centre du cadran.

La ligne de 6 h. passe toujours par la rencontre de la ligne horisontale & de l'équinoxiale aux cadrans déclinans. Ainsi le point de rencontre de ces deux lignes est un des points de la ligne de 6. h.

Le point où se rencontrent la soustylaire & la meridiene est le centre du cadran.

Quand on veut faire un cadran, il faut commencer par trouver quelle est la position du plan, par exemple, du mur où on veut le faire, à l'égard de l'une ou l'autre des quatre parties cardinales du monde. Pour cet effet on peut prendre par observation quelques points d'ombre sur le plan du cadran, qui servent à en déterminer la position, & à trouver ensuite par les regles de la gnomonique ou horlogiographie toutes les lignes que l'on veut representer. C'est de ces points que dépend toute la justesse du cadran.

Ces points d'ombre se prennent dans un même jour à 3 ou 4 h. l'un de l'autre, ils doivent être écartez le plus qu'il est possible, afin que les autres points & lignes nécessaires en soient plus démêlez.

CHAPITRE PREMIER.

Des cadrans tant reguliers qu'irreguliers, qui se tracent sur des plans & sur des corps de differentes figures.

XXVII. Planche. Fig. 8.

CEt instrument represente un corps évuidé, ayant 14 plans, sur chacun desquels on peut tracer un cadran. On le fait de bois, de pierre, de cuivre ou de toute autre matiere solide.

Le plan marqué A, est parallele à l'horison, c'est pourquoi on y trace un cadran horisontal, aussi-bien que sur le plan marqué E, mais celui-ci est fort peu éclairé par l'empêchement des plans D & F.

Le plan B & le plan F, qui lui est opposé sont l'un & l'autre paralleles a l'axe du monde, & font chacun un angle de 49 d. avec l'horison de Paris: car nous supposons tous ces cadrans faits pour ladite hauteur de pole.

Sur leurs surfaces superieures qui sont celles que nous presente la figure en B & en F, on trace sur chacune un polaire superieur, & sur celles qui sont contre-posées à celles-ci, & qui nous sont cachées étant inférieures, on y decrit un polaire inférieur. Le même doit s'entendre des autres plans opposez de ce corps, dont la forme évuidée donne pour chacun d'eux deux surfaces, l'une superieure, l'autre inférieure. Le plan C est parallele au premier vertical, & comme il regarde le midi, on y trace un cadran vertical meridional, & son opposé, qui est vers G, étant tourné directement au septentrion, on y trace un vertical septentrional qui n'a pû se representer en cette figure.

Le plan H est parallele à l'équateur; c'est pourquoi il fait un angle de 41 d. avec l'horison, qui est le complement de la hauteur du pole à Paris. On y trace un cadran équinoxial supérieur, & à son opposé D un équinoxial inférieur. Le plan marqué K est parallele au plan du meridien; & comme il est tourné directement à l'occident, on y trace un meridional occidental, & au plan qui lui est opposé, on y trace un meridional oriental. Le plan marqué I fait un angle de 45 d. avec le vertical meridional; c'est pourquoi on y trace

un vertical déclinant de 45 d. du midi à l'occident, son opposé est déclinant du septentrion à l'orient de 45 d. Enfin le plan marqué L est un déclinant du septentrion à l'occident, aussi de 45 d. & son opposé est un déclinant du midi à l'orient de la même déclinaison.

Les 9 premiers cadrans se nomment reguliers, & les 4 derniers qui sont des déclinans se nomment irreguliers.

Tous les axes de ces cadrans sont paralleles entre eux & à l'axe du monde.

Nous donnerons ci-après la construction de tous ces cadrans, aussi-bien que de ceux dont nous allons parler dans l'instrument qui suit.

Construction des cadrans qui se tracent sur un Dodecaëdre.

Fig. 2. CEtte figure est un des cinq corps reguliers, dont nous avons donné le dévelopement & la coupe en carton, avec la maniere de les former en réunissant leurs côtez, dans le premier livre de ce traité. Il est nommé dodecaëdre, parce qu'il est terminé par 12 pentagones reguliers, sur lesquels on peut tracer autant de cadrans, excepté celui qui lui sert de base.

Le plan A étant placé horisontalement, on y trace un cadran horisontal, dont la ligne de 12 h. coupe en deux également un des angles du pentagone. Sur le plan B, qui est tourné vers la partie meridionale du monde, on y trace un cadran vertical meridional sans déclinaison, incliné au zénith ou vers le ciel de 63 d. 26 m. son centre est en haut, & sa soustylaire est la ligne de 12 h. Son opposé est un vertical septentrional sans déclinaison, incliné au nadir ou vers la terre de 63 d. 26. m. son centre est en bas. Le cadran marqué C est un déclinant du midi vers orient de 36 d. & incliné vers la terre de 63 d. 26 m. son centre est en haut. Son opposé est un déclinant du septentrion vers l'occident de 36 d. incliné au zénith de 63 d. 26 m. le centre en bas. Le cadran marqué D est un déclinant du septentrion vers orient, de 72 d. incliné au nadir de 63 d. 26 m. le centre en haut. Son opposé est un déclinant du midi vers occident de 72 d. incliné au zénith de 63 d. 26 m. le centre en bas.

Le cadran marqué E est un déclinant du septentrion vers orient de 36 d. incliné au zénith de 63 d. 26 m. le centre en bas. Son opposé est un déclinant du midi vers l'occident de 36 d. incliné au nadir de 63 d. 26 m. le centre en haut. Enfin le cadran marqué F est un déclinant du midi à l'orient de 72 d. incliné au zénith de 63 d. 26 m. le centre en bas. Son opposé est un déclinant du septentrion à l'occident de 72 d. incliné au nadir de 63 d. 26 m. son centre est en haut.

Tous ces cadrans sont garnis de leurs axes qui sont paralleles entre eux & à l'axe du monde.

On place ces corps sur un pied dans un lieu bien exposé au soleil. On les oriente par le moyen d'une boussole ou d'une ligne meridiene tracée comme nous dirons ci-après, & tous les cadrans éclairez du soleil en même tems marquent la même heure.

Si l'on veut placer dans un jardin le dodecaëdre sur un piédestal bien affermi, il faut qu'il soit fait de matiere solide, comme de pierre ou de bon bois peint à l'huile, afin de pouvoir resister aux injures du tems; c'est pourquoi nous allons ici donner la maniere de tailler ce corps.

Fig. 3. Ayez un bloc de pierre taillé en cube parfait, divisez en deux également

chacun des quatre côtez de ses surfaces par deux diametres A C, B D. Des points A & C faites l'angle EAF de 116 d. 34 m. c'est-à-dire, 58 d. 17 m. de part & d'autre du diametre A C, parce que toutes les surfaces du dodecaëdre font l'une avec l'autre des angles de 116 d. 34 m. c'est pourquoi deux de ses faces étant posées horisontalement, toutes les autres inclinent de 63 d. 26 m. complément à 180 d. L'espace entre F & G ou E H est la longueur de chaque côté des pentagones. Portez la moitié B F de part & d'autre du point d'intersection I en X & en Q, & faites la même chose sur toutes les autres faces du cube, les diametres perpendiculairement l'un sur l'autre, ensuite retranchez toute la pierre le long de ses diametres jusqu'aux extremitez des côtez, comme depuis & tout le long du diametre K M, tirant vers B, & taillant en ligne droite les deux angles solides jusqu'au point Q en la premiere surface, de même tout le long du diametre L N, tirant vers K, allant droit au point S, & encore tout le long du diametre B D, tirant vers A jusqu'au point T. Les autres faces se tailleront de même. Pour faciliter la main & l'imagination de l'ouvrier il est à propos d'avoir un de ces corps faits de carton devant soi, afin de mieux representer les angles & les côtez qu'il faut retrancher.

L'on peut encore tailler ce corps étant premierement de figure cylindrique, mais la methode que nous donnons est suffisante.

L'on fait aussi de ces sortes de cadrans en cuivre & plus petits, & qui sont fort curieux.

Construction du cadran horisontal.

LA figure 4 est un cadran horisontal. Pour tracer ce cadran, tirez premierement les deux lignes droites A B, C D se coupantes à angles droits au point E qui sera le centre du cadran. La ligne A B sera la meridiene ou ligne de 12 h. & C D celle de 6 h. Faites l'angle B E F égal à celui de l'élevation du pole, comme à Paris de 49 d. On sait par observation que Paris n'est qu'à 48 d. 51 m. mais nous negligeons les 9 m. comme étant très-peu de chose dans les cadrans. La ligne E F represente l'axe du monde, dans lequel ayant choisi le point G, comme s'il étoit le centre de la terre, vous tirerez à angles droits G H, qui represente le rayon de l'équateur rencontrant la meridiene en H. Faites ensuite H B, prise avec un compas, égale à H G, & tirez la droite L H K perpendiculaire à la meridiene, & representant la commune section de l'équateur avec le plan du cadran : du point B, comme centre, décrivez le quart de cercle M H, divisez-le en six arcs égaux qui seront de 15 d. chacun, & tirez les lignes ponctuées B5 B4 B3 B2 B1, qui diviseront la ligne L K en des points, par lesquels vous ferez passer les lignes horaires qui seront tirées du point E, centre du cadran, auquel on peut donner telle figure que l'on veut, soit de quarré long, comme celui de la figure 4 & de la figure 1, soit de pentagone regulier, comme celui de la figure 2, & ainsi des autres. *Fig. 4.*

Au lieu du quart de cercle M H on peut, pour plus grande facilité, tracer seulement un arc de 60 d. dont la corde est égale au rayon, & l'ayant divisé en quatre arcs égaux de 15 d. chacun, on en ajoutera un pour la cinquiéme heure.

Pour y tracer les demi-heures divisez en deux également chacun des

arcs de la circonférence MH, pour avoir des arcs de 7 d. 30 m. que l'on peut encore subdiviser en deux pour avoir des quarts d'heure que l'on tirera du point B par des lignes occultes, jusqu'au rencontre de l'équinoxiale KL: par ces points de rencontre & par le centre E du cadran vous tracerez toutes les lignes horaires.

Les divisions marquées dans la partie LH se transportent avec un compas dans l'autre partie HK, parce que les heures également éloignées de 12 h. tant devant qu'après midi, font avec la meridiene des angles égaux; les lignes de 7 & 8 h. du matin prolongées au delà du centre du cadran donnent les lignes de 7 & 8 h. du soir, & les lignes de 4 & 5 heures après midi prolongées de même, donnent 4 & 5 h. du matin.

Ce Cadran étant affermi sur un plan bien de niveau, c'est-à-dire, parallele à l'horison, exposé au soleil & bien orienté, en sorte que la ligne A 12 convienne avec la meridiene du monde, & que le style triangulaire EHN ou EIG ou EGH étant élevé perpendiculairement sur la ligne de 12 h. l'axe EF soit parallele à l'axe du monde; l'ombre de cet axe marquera les heures exactement depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher.

Construction du cadran vertical sans déclinaison.

CE cadran est parallele au premier vertical qui coupe le meridien à angles droits & passe par les points d'orient & d'occident des équinoxes sur l'horison.

Fig. 5. Pour le tracer, tirez premierement les lignes EB & CD à angles droits, dont la premiere sera la ligne de 12 h. & l'autre celle de 6 h. Faites au point E, centre du cadran, l'angle BEF égal au complement de l'élevation du pole, comme à Paris de 41 d. élevez perpendiculairement sur la meridiene la ligne IG, qui sera le style droit, dont le point I est le pied, & G l'extremité; qui comme nous avons dit, peut passer pour centre de la terre. Cette ligne du style droit IG, prolongée de part & d'autre est la ligne horisontale.

La ligne EGF represente l'axe du monde, sur lequel tirez à angles droits la ligne GH jusqu'au rencontre de la meridiene. Cette ligne GH represente le rayon de l'équateur, & la ligne LHK tirée par le point H, & qui coupe la meridiene à angles droits est l'équinoxiale, c'est-à-dire, la commune section de l'équateur avec le plan du cadran. Faites HB égale à HG; du point B comme centre, decrivez la circonference du quart de cercle MH, que vous diviserez en six arcs égaux de 15 d. chacun, par des lignes ponctuées qui diviseront la ligne LK en parties inégales qui seront les tangentes de ces arcs, ainsi que dans l'horisontal; enfin par ces points de division, & par le centre E vous tirerez les lignes horaires depuis 6 h. du matin jusqu'à 6 h. du soir, qui formeront le cadran, comme il se voit en ladite figure 5. Si l'on veut y marquer les demi-heures & les quarts, on subdivisera les espaces du quart de cercle MH en deux, & de rechef en deux, & par ces divisions on tirera des lignes ponctuées du point B jusques sur l'équinoctiale LK.

Ce cadran se place sur un mur ou sur un plan bien perpendiculaire à l'horison & tourné directement au midi, c'est pourquoi on le nomme vertical meridional.

Sa

Sa meridiene ou ligne de 12 h. doit être parfaitement à plomb, & sa ligne horisontale doit être bien de niveau. Il a le centre en haut, & l'extremité de son axe tend au pole inférieur. Son opposé se nomme vertical septentrional; il a le centre en bas, & l'extremité de son axe tend au pole supérieur du monde. Sa construction est la même que celle du vertical meridional; car les lignes horaires & l'axe font les mêmes angles avec la meridiene. Le cadran vertical septentrional ne marque les heures que pendant les grands jours d'été; savoir, le matin depuis le lever du soleil jusqu'à ce qu'il passe par le premier vertical, & le soir depuis le tems qu'il repasse par le premier vertical jusqu'à son coucher. Quand le soleil decrit le tropique d'été, il se leve sur l'horison de Paris à 4 h. & arrive au premier vertical à 7 h. 29′ 20″ du matin; l'après-midi il repasse par le premier vertical à 4 h. 30′ 40″ du soir, & se couche à 8; c'est pourquoi on marque sur ce cadran les heures depuis 4 h. du matin jusqu'à près de 7 h. & demie, qu'il cesse d'être éclairé, & depuis 4 h. & demie du soir qu'il recommence d'être éclairé jusqu'à 8 h.

D'où il suit qu'en ce tems-là le vertical meridional n'est éclairé que depuis environ 7 h. & demie du matin jusqu'à 4 h. & demie du soir, qui est l'espace de tems que les rayons du soleil manquent au septentrional.

Mais quand le soleil par son mouvement annuel a rejoint l'équateur, il ne marque plus les heures sur le vertical septentrional, & il les marque sur son opposé depuis son lever jusqu'à son coucher.

Construction du cadran polaire.

LA figure 6 represente un polaire supérieur. C'est un cadran incliné vers le ciel, mais qui ne décline point, car il est parallele à l'axe du monde & au cercle de 6 h. qui coupe le meridien à angles droits. C'est pourquoi il ne peut jamais marquer 6 h. du matin ou du soir, parce que pour lors l'ombre du style étant parallele au plan du cadran, il n'y peut pas faire ombre.

Ce cadran n'a point de centre & les heures sont paralleles entre elles & à l'axe du monde. Son plan étant parallele à un horison de la sphere droite, passe par les deux poles du monde, d'où il tire son nom de polaire.

Pour le tracer tirez premierement la ligne AB, representant l'équinoxiale, & tirez lui ID à l'équerre, qui sera la meridiene ou ligne de 12 h. prenez la longueur du style à discretion, suivant la grandeur du plan comme ici CD; de son extremité D faites un quart de cercle que vous diviserez en six arcs égaux ou seulement un arc de 60 d. que vous diviserez en 4 de 15 d. chacun pour les quatre premieres heures après midi, & ajoutez ensuite un pareil arc de 15 d. pour la 5me h. Du point D, tirez des lignes ponctuées par les divisions de la circonference dudit arc, jusqu'au rencontre de la ligne AB; & par ces points de rencontre tracez les lignes horaires paralleles à la meridiene ou perpendiculaires à l'équinoxiale. Les espaces des heures également éloignées de midi devant & après étant égaux, on n'a qu'à transporter les distances marquées sur la ligne CA, de l'autre côté sur la ligne CB. *Fig. 6.*

Le style doit être égale à CD ou à CF, distance de midi à 3 h. ou 9 h. & se peut faire en forme de parallelograme rectangle, comme celui qui

eſt marqué au-deſſus de la lettre K, dans ladite figure 6. Il ſe place le long de la ligne de 12 h. qui pour cette raiſon eſt nommée ſouſtylaire.

Si on ne met qu'une ſimple verge pour ſtyle, comme celle qui ſe voit au point C de la meridiene, il ne marquera les heures que par l'ombre de ſa pointe, au lieu que le parallelograme les marque par une ligne.

Le polaire ſupérieur peut marquer les heures depuis 7 h. du matin juſqu'à 5 h. du ſoir.

Le polaire inférieur ne peut ſervir que dans les grands jours d'été ; il marque les heures depuis le lever du ſoleil juſqu'à 5 h. du matin, & depuis 7 h. du ſoir juſqu'au coucher du ſoleil ; pour l'élevation du pole de Paris, on y marque 4 & 5 h. du matin, comme auſſi 7 & 8 h. du ſoir. Sa conſtruction eſt la même que celle du polaire ſupérieur, car la diſtance depuis la ſouſtylaire juſqu'à 4 & 5 h. d'après midi ſur le polaire ſupérieur, eſt la même que celle de la ſouſtylaire du polaire inférieur juſqu'à 4 & 5 h. du matin, de même que juſqu'à 7 & 8 h. du ſoir. C'eſt pourquoi nous avons jugé inutile d'en tracer la figure.

La diſtance des heures dépend de la grandeur du ſtyle, ainſi elles ſeront plus ou moins éloignées les unes des autres à proportion que l'extremité D ſera plus ou moins éloignée de l'équinoxiale.

Pour placer ce cadran à Paris, il faut que ſon plan faſſe avec l'horiſon un angle de 49 d. le ſupérieur tourné vers le ciel, & directement au midi, afin que ſon axe ſoit parallele à l'axe du monde ; ſon oppoſé qui eſt l'inférieur eſt incliné vers la terre, les heures du matin ſont vers l'occident, & celles du ſoir vers l'orient.

Pour y tracer la ligne horiſontale, du point F, extremité du ſtyle, comme centre, decrivez l'arc GH, égal au complement de l'élevation du pole, c'eſt-à-dire, de 41 d. pour Paris, tirez la droite FH qui coupera la meridiene au point I, par lequel vous tirerez à angles droits l'horiſontale LK, laquelle ſervira à connoître ſi le cadran eſt bien placé, & s'il a ſon inclinaiſon convenable ; car pour cela il faut qu'un plan poſé le long de la ligne horiſontale & appuyé ſur la pointe du ſtyle qui eſt en l'air, ſoit de niveau ou parallele à l'horiſon.

Dans les pays où la ſphere eſt droite, le cadran polaire ſe place parallelement à l'horiſon, & dans la ſphere parallele il ſe place verticalement, c'eſt-à-dire, ſur les murs à plomb qui ne déclinent point.

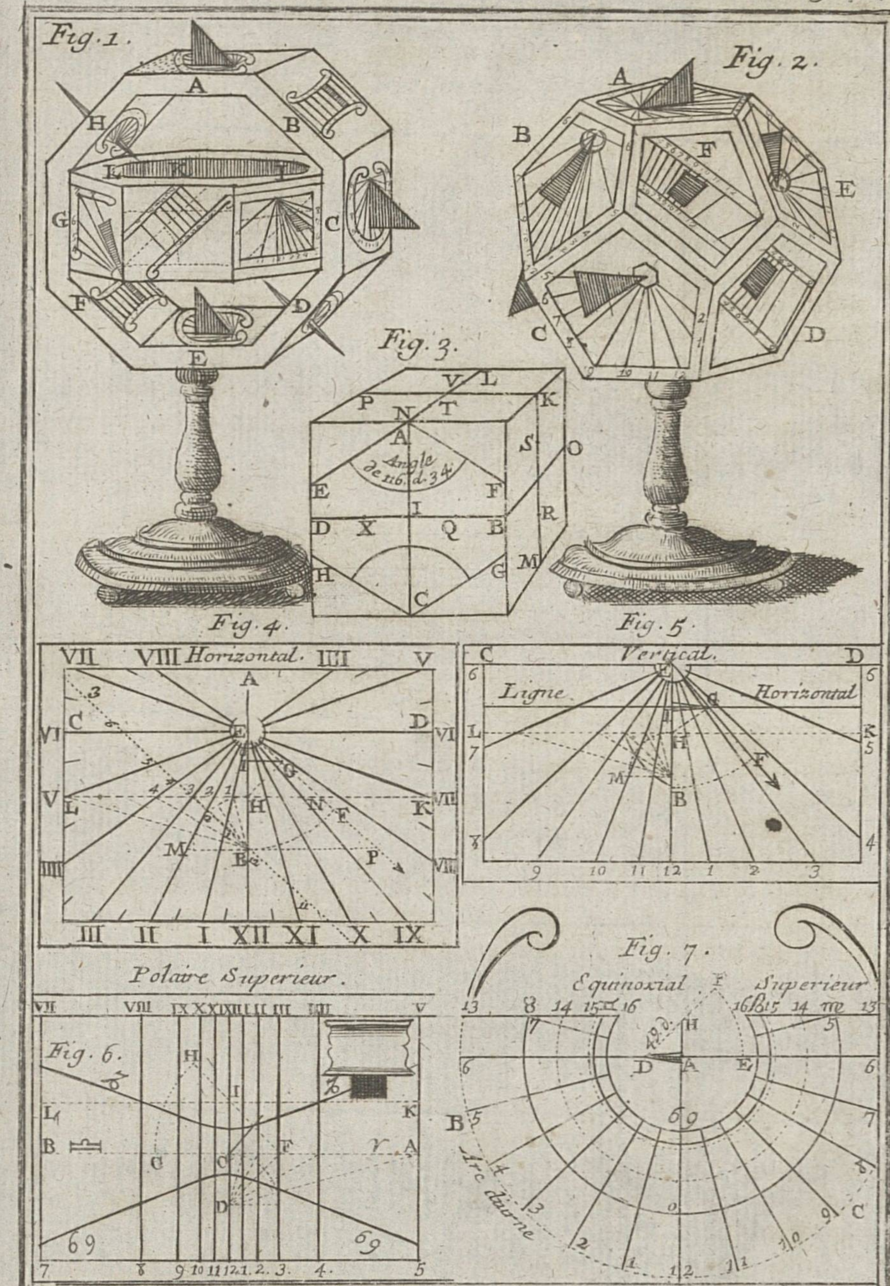
Conſtruction du cadran équinoxial.

Le cadran équinoxial ſupérieur ne marque les heures que pendant ſix mois de l'année ; ſavoir, depuis l'équinoxe de printems juſqu'à celui d'automne. Son oppoſé qui eſt un équinoxial inférieur marque les heures pendant les ſix autres mois ; c'eſt-à-dire, depuis l'équinoxe d'automne juſqu'à celui de printems.

Le plan de ces cadrans eſt parallele à l'équateur, & coupé à angles droits en ſon centre par l'axe du monde.

Fig. 7. Pour le conſtruire tirez à angles droits deux lignes droites AH, ED, dont la premiere ſera la ligne de 12 h. & l'autre celle de 6 h. Du point d'interſection A, decrivez une circonference de cercle, dont chaque quart

Planche Vingt-septieme



ſera diviſé en ſix parties égales pour avoir 6 h. de ſuite, comme depuis 6 juſqu'à 12, qui ſerviront à tirer du centre toutes les lignes horaires, qui ſont entre elles des angles égaux de 15 d. chacun : chaque eſpace diviſé en deux donne les demi-heures, & les arcs de demi-heures ſubdiviſez en deux donnent les quarts.

La conſtruction de l'équinoxial ſupérieur & de l'inférieur eſt la même. Dans les pays où la ſphere eſt parallele, c'eſt-à-dire, qui ont le pole au zénith, il n'en faut qu'un qui ſert d'horiſontal. Dans les pays où la ſphere eſt droite, c'eſt-à dire, où les deux poles ſont ſur l'horiſon, ces cadrans ſont verticaux ſans décliner, & ſe placent contre les murailles, l'un tourné vers le pole arctique, & l'autre vers l'antarctique. Chacun eſt éclairé ſix mois de l'année. Mais dans la ſphere oblique, comme celle que nous habitons, ces cadrans ſont inclinez à l'horiſon, & ſont un angle égal à celui du complement de la latitude, c'eſt-à-dire, à Paris de 41 d.

L'axe du cadran équinoxial eſt une verge qui paſſant par le centre eſt perpendiculaire au plan du cadran, & parallele à l'axe du monde ; on le fait grand à volonté lorſqu'il ne ſert qu'à marquer les heures, mais on lui donne une longueur determinée lorſque l'on veut lui faire marquer les ſignes du zodiaque ou la longueur des jours, dont nous parlerons ci-après.

Conſtruction des cadrans orientaux & occidentaux.

CEs ſortes de cadrans ſont paralleles au plan du meridien ; l'un eſt tourné directement à l'orient, & l'autre à l'occident.

XXVIII. Planche. Fig. 1.

Cette figure repreſente un cadran meridional occidental. Les lignes horaires ſont paralleles entre elles & à l'axe du monde, comme au cadran polaire, & leur conſtruction eſt à peu près la même.

Pour tracer ce cadran tirez premierement la ligne droite A B, repreſentant l'horiſontale ; du point A pris à diſcretion dans cette ligne, tracez l'arc BC égal au complement de la latitude, qui eſt l'élevation de l'équateur ſur l'horiſon, c'eſt-à-dire, à Paris de 41 d. Par le point C où ſe termine cet arc, tirez la ligne A C, prolongée autant qu'il eſt beſoin, laquelle ſera l'équinoxiale, c'eſt-à-dire la commune ſection de l'équateur avec le plan du cadran ; par le point D, lieu du ſtyle que vous aurez pris à volonté ſur cette ligne, tirez E D perpendiculaire à l'équinoxiale, cette ligne E D ſera la ſouſtylaire, & ſera auſſi la ligne de 6 h. Pour avoir les autres heures prenez ſur la ſouſtylaire un point E à volonté, duquel, comme centre, vous decrirez un arc de 60 d. que vous diviſerez en 4 arcs égaux de 15 d. chacun, à commencer de la ſouſtylaire. Portez enſuite ſur cette circonference continuée de part & d'autre autant d'arcs de 15 d. qu'il convient, pour diviſer en heures la ligne équinoxiale, par des lignes ponctuées tirées du point E par les ſections de ces arcs. Enfin par les diviſions de cette ligne tirez les lignes horaires convenables, paralleles à la ligne de 6 h. ou perpendiculaires à l'équinoxiale. Ce cadran marque les heures d'après midi juſqu'au coucher du ſoleil ; & comme à Paris il ſe couche à 8 h. en été, on les marque depuis 1 juſqu'à 8, comme on les voit en la figure 1 planche 28.

La conſtruction de l'oriental eſt la même, & on y marque les heures du matin depuis le lever du ſoleil en été ; c'eſt-à-dire, depuis 4 h. du matin juſqu'à 11. Midi ne ſe peut point marquer ſur le plan de ces cadrans,

parce que le soleil étant dans le meridien, ses rayons sont paralleles au plan de ces cadrans.

Après avoir tracé un cadran occidental sur un papier, si on le rend transparent avec un peu d'huile, on verra de l'autre côté le cadran oriental tout tracé ; il n'y aura que les heures à changer, en mettant 11 h. à la place d'une heure ; 10 h. à la place de 2, & ainsi des autres.

Le style de ces cadrans est une verge de fer ou de cuivre, égale à ED, qui est aussi la distance depuis 6 h. jusqu'à 3 ou à 9 h. Elle se place perpendiculairement au point D, & marque les heures par l'ombre de sa pointe. On peut aussi, si l'on veut, mettre un style dont la figure soit un parallelograme, comme nous avons dit & representé en parlant du cadran polaire.

Ces cadrans se placent sur des murs à plomb, ou sur des plans perpendiculaires à l'horison, paralleles au meridien, & tournez directement l'un à l'orient, l'autre à l'occident ; de telle sorte que la ligne horisontale soit parfaitement de niveau.

Construction des cadrans verticaux déclinans.

ON appelle cadran vertical celui qui se fait sur un plan vertical, c'est-à-dire, perpendiculaire à l'horison, comme un mur bien à plomb.

Entre les 9 cadrans reguliers dont nous venons de parler, il y en a 4 verticaux qui ne déclinent point, parce qu'ils sont tournez directement vers l'une des quatre parties cardinales du monde ; l'un au midi, son opposé au septentrion ; l'autre à l'orient, & son opposé à l'occident.

Il nous reste à parler ici des cadrans irreguliers, dont les uns sont verticaux déclinans, les autres inclinez sans déclinaison, & les autres enfin déclinans & inclinez.

Les verticaux déclinans sont de quatre sortes, car les uns déclinent du midi vers orient ; leurs opposez déclinent du septentrion vers l'occident ; les autres déclinent du midi vers l'occident, & leurs opposez du septentrion vers l'orient.

Entre les cadrans irreguliers, les verticaux déclinans sont les plus en usage, parce qu'ils se font sur des murs, qui pour l'ordinaire sont bâtis à plomb, ou sur des corps dont les plans sont perpendiculaires ; mais avant que d'entreprendre à faire ces sortes de cadrans, il faut commencer par connoître exactement la déclinaison du mur ou des plans, & de quel côté ; ce que l'on pourra faire par quelques-unes des methodes que nous dirons ci-après.

Supposé que l'on connoisse qu'un plan, tel que celui marqué I, de la figure 2 de la planche 28, ou un mur vertical décline du midi à l'occident de 45 d. à Paris ou aux environs, où le pole est élevé de 49 d. sur l'horison. Il s'agit de faire le modele d'un cadran pour appliquer contre ce plan ou contre ce mur.

Fig. 2.

Tirez premierement les lignes AB, CD se coupantes à angles droits au point E ; la premiere sera la ligne de 12 h. & la seconde sera l'horisontale. Du point E, comme centre, tracez l'arc FN de 45 d. à cause de pareille déclinaison que nous avons supposée, & comme elle est du midi à l'occident, il faut que cet arc soit tracé du côté droit de la ligne du midi, car il faudroit le faire à gauche si la déclinaison étoit du côté d'orient. Du point F élevez la perpendiculaire FH, jusqu'au rencontre de

l'horisontale, pour y avoir un point de la soustylaire; c'est-à-dire, le pied du style. Prenez avec un compas la distance E F & la portez sur l'horisontale de E en O. Du point O, comme centre, tracez l'arc EG égal à la hauteur du pole, comme ici de 49 d. & par G tirez la ligne ponctuée O G A jusqu'au rencontre de la ligne de 12 h. pour y avoir le centre du cadran en A, par lequel vous tirerez la soustylaire A H, longue à discretion, laquelle est une des principales lignes servant à la construction de ces cadrans, & d'où dépend presque toute leur justesse.

Du point H élevez perpendiculairement sur la soustylaire, la droite H I, pour style, égale à H F; ensuite vous formerez le style triangulaire A H I, en tirant la ligne A I, qui est l'axe du cadran. Du point I, tirez I K perpendiculaire à l'axe rencontrant la soustylaire en K, sur laquelle vous marquerez K L égale à K I. Par le point K tirez la ligne équinoxiale M T, coupant la soustylaire à angles droits, & l'horisontale au point de 6 h. Ainsi ayant déja 12 h. & 6 h. tirez les deux lignes ponctuées T L, L 6, lesquelles feront un angle droit au point L, si les operations antérieures ont été faites exactement. Dudit point L, comme centre, decrivez un quart de cercle entre lesdites lignes ponctuées; divisez sa circonference en 6 arcs égaux de 15 d. chacun, par lesquels tirez autant de lignes occultes jusqu'au rencontre de l'équinoxiale; pour avoir les heures de devant midi & celles d'après 6 h. continuez la circonference du quart de cercle de côté & d'autre, & y transportez autant d'arcs de 15 d. qu'il en faut pour tirer des lignes occultes du point L jusqu'au rencontre de ladite équinoxiale; enfin par ces points de rencontre, tirez du centre A les lignes horaires, comme on les voit en la figure 2. On ne doit tout au plus marquer que 12 h. sur ces sortes de cadrans, car tout plan vertical ne peut pas être éclairé du soleil plus long-tems.

On peut encore avoir les points des lignes horaires sur l'horisontale D C, en appliquant au point F le centre d'un cadran horisontal, de telle sorte que sa ligne meridiene convienne avec la ligne F E, & sa ligne de 6 h. avec la ligne F 6. Cette ligne F 6 n'a point été tirée pour éviter confusion; elle doit faire un angle droit avec la ligne F E. Les points des autres heures se marqueront par leur rencontre sur ladite ligne C D.

Six intervales d'heures ou de demi-heures, ou de quarts d'heure, s'ils sont marquez de suite étant donnez sur la surface d'un cadran, tel qu'il soit, on peut trouver les autres heures par la methode suivante.

Je suppose en cet exemple les heures tracées depuis 6 jusqu'à 12. Si vous voulez avoir 9, 10 & 11 h. du matin, qui pourroient être marquées dans ce cadran; mais dont le peu d'étendue du plan ne permet pas d'avoir leurs points de rencontre sur la ligne équinoxiale; du point V pris à discretion sur la ligne de 12 h. tracez une parallele à la ligne de 6 h. comme V S, qui coupera les lignes 1, 2 & 3 h. après midi. L'intervale depuis V jusqu'à la ligne de une heure, pris sur cette parallele, & porté de l'autre côté donnera sur ladite parallele un point de 11 h. De même l'intervale depuis V jusqu'à la ligne de 2 h. porté de l'autre côté, donnera un point de 10 h. & l'intervale depuis V jusqu'au point où la ligne de 3 h. coupe cette parallele, porté de l'autre côté du point V sur cette même parallele, donnera un point de 9 h. Du centre du cadran A vous tirerez les lignes horaires passant par les points marquez sur ladite parallele.

On peut de la même façon avoir des points de 7 & 8 h. du soir, en tirant une parallele à la ligne de 12 h. qui coupe en un point celle de 6 & qui rencontre celles de 4 & de 5 prolongées : car l'intervale de 6 à 5 sur cette parallele, porté de l'autre côté, y donnera un point de 7 h. & l'intervale de 6 à 4 y donnera un point de 8 h. par lesquels points & par le centre A, on tirera ces lignes horaires, & le cadran sera achevé.

Cette maniere de trouver les heures un peu éloignées de la soustylaire est fort commode, en ce qu'elle évite les sections obliques & éloignées qu'il faut faire sur la ligne équinoxiale ; en quoi il faut observer que le point V depuis lequel on transporte sur un côté de cette parallele les espaces qui sont sur l'autre, doit être pris sur une ligne horaire qui soit éloignée de six intervales d'heures de la ligne horaire à laquelle on a fait VS parallele. Comme dans l'exemple precedent on a commencé à compter ces espaces du point d'intersection V de la ligne de 12 h. avec ladite parallele, laquelle ligne de 12 h. est éloignée de 6 intervales d'heures, de la ligne de 6 h., à laquelle a été faite parallele la ligne VS.

La construction du cadran vertical, déclinant du midi à l'orient, est semblable à celle que nous venons de décrire, excepté que ce qui a été fait à droit se doit faire à gauche, & que les heures du matin se placent au lieu de celles d'après midi, qui sont leur complement à 12. Tellement que si on avoit tracé un déclinant vers occident sur un papier transparent, on verroit de l'autre côté un déclinant vers orient tout tracé, il n'y auroit qu'à mettre sur le revers du papier 3 h. après midi à la place de 9 du matin, 2 h. à la place de 10 ; une h. à la place de 11, & ainsi de suite ; par ce moyen la soustylaire qui se trouve dans la figure 2, entre 3 & 4 h. après midi, seroit dans l'autre entre 8 & 9 h. du matin. Si la déclinaison étoit moindre que de 45 d. la soustylaire seroit plus proche de midi ; si au contraire la déclinaison étoit plus grande, la soustylaire en seroit plus éloignée, & s'approcheroit de la ligne de 6 h. Mais quand cela arrive, les heures sont si serrées aux environs de la soustylaire, qu'on est obligé de faire le modele du cadran sur un plan bien grand, afin d'allonger beaucoup les lignes horaires & de retrancher la partie du cadran qui est vers le centre.

Les déclinans du septentrion à l'orient ou à l'occident, se décrivent de la même façon ; mais ils ont le centre en bas au dessous de la ligne horisontale, & ne sont proprement que les mêmes cadrans renversez, comme on voit en la figure 3me qui represente un déclinant du septentrion à l'occident de 45 d. comme pour le plan marqué L, figure 1 de la planche 27. Sa soustylaire doit être entre 8 & 9 h. du soir, de sorte qu'un seul déclinant peut servir pour en tracer quatre, s'ils ont la déclinaison égale, quoique de differens côtez, deux auront le centre en haut & deux l'auront en bas.

Par deux points d'ombre observez sur un plan y tracer la soustylaire.

Servez-vous de l'exemple de la figure 2, qui represente un style YI, courbé & placé obliquement. C'est une verge de fer, dont l'extremité élevée I doit être pointue pour avoir plus precisement sur le plan, son point d'incidence H, c'est-à-dire le pied du style qui se peut prendre par le moyen d'une équerre ; car c'est le point auquel repond perpendiculairement sur la surface du cadran l'extremité du style.

Comme cette figure represente un vertical déclinant du midi à l'occident, sa soustylaire se doit trouver entre les heures d'après midi, à gauche de la meridiene. Supposé que le premier point d'ombre observé soit P. Du pied du style H, comme centre, & pour rayon la distance HP, décrivez un arc de cerce PR. Quelques heures après du même jour, lorsque l'ombre de l'extremité du style rencontrera une seconde fois ledit arc, marquez-y le second point Q. Divisez en deux également l'arc PQ au point R, & tirez par le pied du style la droite RH, qui sera la soustylaire; laquelle étant tracée exactement, & connoissant d'ailleurs la hauteur du pole sur l'horison du pays où l'on veut faire ce cadran, il sera facile de l'achever; car premierement la meridiene ou ligne de 12 h. est toujours perpendiculaire à l'horison, aux plans verticaux, & le point de rencontre de la meridiene avec la soustylaire est le centre du cadran, comme le point A. La ligne horisontale est une ligne de niveau, passant par le pied du style comme DHC. Ensuite pour avoir la ligne équinoxiale, formez sur la soustylaire le style triangulaire AHI, dont l'hypotenuse AI est l'axe, & HI le style droit. Du point I tirez IK, perpendiculaire à l'axe, rencontrant la soustylaire au point K, par lequel vous tirerez à angles droits sur ladite soustylaire la droite MKN, qui sera l'équinoxiale, & le point où elle coupe l'horisontale sera toujours le point de 6 h. la distance KI portée sur la soustylaire, donnera le point L, qui sera le centre diviseur de l'équinoxiale; le reste du cadran s'achevera comme nous avons expliqué ci-devant; & même le modele s'en pourra faire dans le cabinet, après avoir transporté sur un papier la position & la rencontre des principales lignes, & bien exactement l'angle que fait la soustylaire avec l'horisontale, ou avec la meridiene, car l'un est le complement de l'autre.

Fig. 3.

Pour verifier la position de la ligne équinoxiale, faites au centre du cadran, sur la meridiene AB l'angle BAO égal au complement de l'élevation du pole; c'est-à-dire, à Paris de 41 d. tirez la ligne AO jusqu'au rencontre de l'horisontale; faites l'angle droit AON, afin d'avoir sur la meridiene ou ligne de 12 h. le point N, par lequel doit passer la ligne équinoxiale; ayant ainsi plusieurs methodes pour trouver les principaux points, l'une servira à verifier l'autre.

Lorsque le plan décline du midi à l'orient, on trouvera par le moyen des points d'ombre & du pied du style que la soustylaire est à droite de la meridiene. Il est bon de marquer le premier de ces points d'ombre le matin aussi-tôt que le plan commence d'être éclairé du soleil, & prendre garde quand l'ombre de l'extremité du style rencontrera une seconde fois l'arc tracé par le premier point d'ombre.

On peut recommencer quelques jours de suite les mêmes operations, afin de voir si la position de la soustylaire se trouvera toujours la même, ce qui arrivera si l'on opere exactement.

Le tems le plus propre pour marquer ces points d'ombre est aux environs des solstices, c'est-à-dire, 15 jours devant ou après, car lorsque le soleil approche des équinoxes, sa déclinaison est trop sensible, & l'operation moins exacte.

On pourroit cependant avoir la position de la ligne équinoxiale lorsque le soleil est dans les points équinoxiaux, & construire un cadran vertical déclinant par la methode suivante.

Par quelques points d'ombre observez sur un plan vertical y tracer l'équinoxiale.

LA plus simple & la plus facile methode de tracer sur un mur la ligne équinoxiale est au tems des équinoxes, (quoiqu'on la puisse avoir en tout tems, mais par des methodes plus composées.) Car lorsque le soleil par son mouvement journalier parcourt l'équateur, tous les points d'ombre de l'extremité d'un style se trouvent dans une même ligne droite, qui est la commune section de l'équateur & du plan. Cette ligne est l'équinoxiale.

Ayant donc marqué ce jour-là plusieurs points d'ombre sur le mur, assez éloignez l'un de l'autre, tirez par tous ces points une ligne droite qui sera l'équinoxiale, comme dans ladite figure 2, la ligne MN : tirez sur cette ligne une perpendiculaire passant par le pied du style, ce sera la soustylaire AHL; tirez encore par le pied du style H, une ligne de niveau qui sera l'horisontale, comme DHC; tirez HI égale à la hauteur du style droit & parallele à l'équinoxiale, & après avoir marqué la ligne ponctuée IK, tirez lui à l'équerre l'axe IA, le point A sera le centre du cadran, & la ligne à plomb AB sera la meridiene ou ligne de 12 h. Vous avez aussi un point de 6 h. par l'intersection de l'équinoxiale & de l'horisontale, & par consequent de quoi achever le cadran; l'angle HFE sera la déclinaison du plan.

Fig. 2.

Par un point d'ombre observé à midi sur un plan vertical y faire un cadran.

UN style étant planté dans un mur, comme HI, (même figure,) dont H soit le pied & I la pointe; si vous connoissez par quelque moyen sûr qu'il est midi en quelque tems de l'année que ce soit, ce qu'on pourra connoître par une ligne meridiene tracée sur un plan horisontal, comme nous dirons ci-après; marquez-y un point d'ombre, comme seroit, par exemple, le point N; par ce point tirez la perpendiculaire ANB, qui par consequent sera la meridiene du lieu ou ligne de 12 h. tirez par le pied du style une ligne de niveau qui sera l'horisontale, comme CHD, coupant à angles droits la meridiene au point E; faites HF égale au style droit HI, & parallele à la meridiene; prenez avec un compas l'hypotenuse EF & la portez sur l'horisontale de E en O pour y faire l'angle EOA, égal à l'élevation du pole, comme ici, par exemple, de 49 d. qui vous donnera sur la meridiene le point A, centre du cadran.

Faites aussi sous l'horisontale l'angle EOT égal au complement de ladite élevation de pole, comme ici de 41 d. le point T sur la meridiene sera un point de la ligne équinoxiale. Par le centre du cadran A, & par pied du style H tirez la droite AHR, ce sera la soustylaire, & faisant passer par le point T, une perpendiculaire à cette ligne, vous aurez l'équinoxiale. Ayant ainsi les principales lignes du cadran, il sera facile de l'achever par les methodes expliquées ci-devant.

Cette methode pour tracer en tous les tems de l'année un cadran par un seul point d'ombre observé à midi, peut servir lorsqu'il n'est pas possible

possible d'avoir la soustylaire par deux points d'ombre, ce qui arrive sur les plans qui déclinent considerablement vers l'orient ou vers l'occident.

Il y a plusieurs autres moyens de construire les cadrans verticaux sur des murs bien à plomb, qu'il seroit trop long de rapporter en ce petit traité, dans lequel nous n'avons prétendu donner que les methodes les plus simples & les plus faciles à pratiquer. Et pour une plus grande justesse dans leur construction, nous donnerons ci-après des regles pour trouver la valeur des angles que font toutes les lignes horaires au centre des cadrans, ce qui servira à verifier les autres methodes.

Construction des cadrans inclinez sans déclinaison.

L'Inclinaison des cadrans est l'angle que font leurs plans avec l'horison; les uns sont tournez vers le ciel & les autres vers la terre. Il y en a de deux façons, eu égard au pole, & de deux autres façons eu égard à l'équateur; chacun à son supérieur & son inférieur.

Si le plan regarde le midi, & a l'inclinaison vers le nord, elle peut être plus petite ou plus grande que l'élevation du pole; car si l'inclinaison étoit égale, ce seroit un polaire supérieur ou inférieur, dont nous avons ci-devant donné la construction. Fig. 4. & 5.

Si l'inclinaison est moindre que l'élevation du pole, comme à Paris où cette élevation est à peu près de 49 d. si vous voulez faire un cadran sur un plan qui regarde le midi, & dont l'inclinaison soit vers le nord de 30 d. ôtez 30 de 49, reste 19 d. qui sera la hauteur de l'axe sur ce plan, & faites-y un cadran horisontal regulier pour 19 d. d'élevation de pole par la methode que nous avons donné en la figure 4me de la planche 27; parce que ce plan ainsi incliné est parallele à l'horison de ceux qui ont le pole élevé de pareille hauteur, & par consequent est un cadran horisontal pour eux. Le centre de cette sorte de cadrans est en bas au-dessous de l'équinoxiale, les heures du matin sont à main gauche, & celle du soir à droite de ceux qui regardent ce cadran.

Son opposé inférieur vers le nord ne differe point du supérieur vers le sud, sinon que le centre est au-dessus de la ligne équinoxiale, & que les heures du matin sont à droite, & celles du soir à gauche.

Si l'inclinaison est plus grande que l'élevation du pole du lieu, par exemple, si elle est de 63 d. ôtez-en la hauteur du pole de Paris 49, restera 14 d. & faites un horisontal pour cette élevation. Le centre du superieur vers le sud est en haut au-dessus de l'équinoxiale, les heures du matin sont à gauche, & celles du soir à droite. Son opposé inférieur vers le nord a le centre en bas, les heures du matin à droite & celles du soir à gauche, comme on voit par les figures 4 & 5 de la 27me planche.

Si le plan regarde le septentrion, & a son inclinaison vers le sud, elle peut être plus petite ou plus grande que celle de l'équateur; car si elle étoit égale, on y feroit un cadran équinoxial supérieur ou inférieur, qui est un cercle divisé en 24 parties égales, comme nous avons dit ci-devant en parlant des cadrans reguliers.

Si l'inclinaison est moindre que l'élevation de l'équateur, comme si à Paris le plan étoit incliné de 30 d. vers le midi, ajoutez les 30 d. d'inclinaison à la hauteur du pole 49, & faites un horisontal pour 79 d. d'éle-

vation ; le centre du superieur vers le septentrion sera en haut, les heures du matin à droite, & celles du soir à gauche ; son opposé inférieur vers le midi, a le centre en bas ; les heures du matin à gauche & celle du soir à droite.

Enfin si l'inclinaison est plus grande que l'élevation de l'équateur, comme seroit à Paris de 60 d. ajoutez le complement de l'inclinaison qui est 30, à l'élevation de l'équateur qui est 41, la somme est 71 d. & faites un horisontal pour cette élevation de pole. Le superieur vers le septentrion a le centre en bas, les heures du matin à droite ; son opposé qui est inférieur vers le midi a le centre en haut, & les heures du matin à gauche.

La meridiene ou ligne de 12 h. est la soustylaire de tous les cadrans inclinez sans déclinaison ; elle passe par leur centre & fait angles droits avec la ligne de 6 h. On peut la tracer sur les plans inclinez par le moyen d'un fil suspendu avec son plomb, à l'aide de la lumiere ou du rayon visuel ; car l'ombre ou le rayon passant par le centre, marquera sa trace tout le long du plan.

Pour representer toutes ces differentes sortes de cadrans, il auroit fallu 8 figures ; 4 pour les supérieurs, & 4 pour les inférieurs ; mais comme ils ne sont pas difficiles à concevoir & à tracer, nous n'en avons marqué que deux, par rapport au dodecaëdre sur lequel on les place.

Construction des cadrans déclinans & inclinez.

La déclinaison d'un cadran est l'angle que fait son plan avec le premier vertical, c'est aussi l'angle que fait la verticale du plan avec la meridiene du lieu, ces deux angles étant égaux, & l'inclinaison est l'angle qu'il fait avec l'horison. Nous enseignerons ci-après la maniere de trouver l'une & l'autre.

Je suppose ici pour exemple, qu'on veuille faire un cadran déclinant de 36 d. du midi à l'orient, incliné vers la terre de 63 d. 26 m. comme est celui marqué C dans la figure 2me qui represente un dodecaëdre en la planche 27me.

Avant toutes choses, il faut remarquer que la ligne horisontale qui passe par le pied du style des cadrans verticaux, n'y passe point aux inclinez, mais qu'elle est au-dessus du pied du style aux inclinez superieurs qui regardent le ciel, & au dessous, aux inferieurs qui regardent la terre, comme est celui que nous avons dessein de construire ; secondement, que la meridiene ou ligne de 12 h. aux inclinez déclinants ne coupe point à angles droits l'horisontale comme elle fait aux verticaux ; ce qui fait que pour la tracer il faut deux points, dont l'un se trouve, sur la ligne horisontale par le moyen de l'angle de déclinaison, & l'autre se trouve par l'angle d'inclinaison sur la ligne verticale qui coupe l'horisontale à angles droits.

Ce point de la verticale se nomme zénith aux supérieurs, parce que si le soleil étoit au zénith du lieu, l'ombre de l'extremité du style parviendroit à ce point, lequel par consequent seroit au-dessous du style de ces cadrans. On le nomme nadir aux inférieurs, parce que si le soleil étoit au nadir, & que la terre fût transparente, l'ombre de l'extremité du style toucheroit ce point, lequel par consequent doit être au-dessus du style, comme il est au cadran proposé.

En 3[me] lieu, il faut remarquer que le centre de ce cadran inférieur qui décline du midi à l'orient, doit être en haut, & la soustylaire à gauche de la verticale, & de la meridiene, entre les heures du matin, & partant la meridiene à droite de la verticale.

Le centre du cadran inférieur qui décline du midi à l'occident doit aussi être en haut, mais la soustylaire est à droite de la verticale, & de la meridiene entre les heures d'après midi. Les superieurs opposez ont le centre en bas, & ne sont que les mêmes cadrans renversez. C'est pourquoi il suffit d'en tracer un des quatre.

XXVIII. Planche. Fig. 6.

Pour donc tracer le modele du cadran proposé, tirez premierement la ligne A B, à plomb sur laquelle ayant mené à discretion E F perpendiculaire pour la longueur du style droit, dont E sera le pied & F l'extremité; du point F, comme centre, décrivez l'angle d'inclinaison G F H de 63 d. 26 m. au-dessus de la ligne E F; & au-dessous, l'arc de complement G I de 26 d. 34 m. Tirez ensuite la droite F H A jusqu'au rencontre de la ligne AB au point A qui sera le nadir & un point de la meridiene. Tirez aussi la ligne F I, coupant la ligne A B au point L, par lequel vous menerez l'horisontale M L d'équerre avec A B; prenez avec un compas la distance L F, & la portez de L en O, qui sera le centre diviseur de l'horisontale. Du point O, comme centre, faites à droite de la ligne A B l'arc L P de 36 d. qui est la déclinaison du plan, pour avoir sur l'horisontale un point de 12 h. par lequel & par le nadir A vous tirerez la meridiene A 12. Faites à gauche de la ligne A B un angle du complement de la déclinaison, lequel est ici de 54 d. & vous donnera sur l'horisontale le point de 6 h. & un point de la ligne équinoxiale. Pour achever ce cadran, il ne faut plus qu'un point de la soustylaire, en ayant déja un qui est le pied du style E.

Pour cet effet il n'y a qu'à chercher le centre du cadran en la maniere qui suit. Du point de 6. h. M, tirez la ligne M R, coupant à angles droits la meridiene. Cette ligne M R passe par le pied du style, car elle est la commune section que fait avec le plan du cadran, le vertical perpendiculaire au meridien. Portez la distance O 12, de 12 en R, ou bien la distance A F de A en R. Tirez la ligne occulte 12 R, sur laquelle du point R, comme centre, décrivez l'arc N K de 49 d. pour pareille élevation de pole, tirez la ligne R K, qui coupera la meridiene au point K qui sera le centre du cadran. Tirez la soustylaire K E, & du point M une perpendiculaire sur ladite ligne pour avoir l'équinoxiale M Q. On peut encore avoir sur la meridiene un point de l'équinoxiale, en faisant l'angle N R Q de 41 d. c'est-à dire, du complement de l'élevation du pole.

Ayant trouvé la position des principales lignes, il sera facile d'y marquer les divisions des heures en deux manieres; savoir, sur la ligne horisontale, & sur l'équinoxiale. Pour les marquer sur l'horisontale, appliquez au point O le centre d'un cadran horisontal, en sorte que la ligne de midi convienne avec la ligne O 12, & celle de 6 h. avec la ligne O 6, & marquez les points des autres heures sur la ligne horisontale M L.

Pour marquer les mêmes heures sur la ligne équinoxiale il faut former le style triangulaire, en élevant sur la soustylaire la perpendiculaire E S égale à E F, tirant l'axe S K. Prenez ensuite la distance T S & la portez sur la soustylaire de T en V, qui sera le centre diviseur de la ligne équinoxiale, laquelle étant divisée de la même maniere que nous avons dit en

parlant des déclinans, vous tirerez les lignes horaires du centre K, & le cadran sera achevé.

On pourra ensuite le mettre au net en n'y mettant que les principales lignes & celles des heures avec le style, comme on voit en la figure 7me pentagonale.

Par le moyen de ce cadran on peut faire les trois autres qui ont même déclinaison & inclinaison; les deux inferieurs qui déclinent du midi à l'orient & à l'occident, ont le centre en haut; les deux supérieurs qui déclinent du septentrion à l'orient & à l'occident ont le centre en bas, & ne sont que les mêmes cadrans renversez, comme nous avons déja dit.

Fig. 8. Le cadran de la figure 8 represente celui marqué F de la figure 2 planc. 27. C'est un superieur incliné vers le ciel de 63 d. 26 m. déclinant du midi à l'orient de 72 d. On pourra le tracer suivant la methode que nous venons d'expliquer; son centre se trouve en bas, mais parce que sa déclinaison est grande, ses heures sont fort serrées aux environs de la soustylaire; c'est pourquoi on le doit tracer sur un grand plan, afin d'en retrancher la partie qui est vers le centre, & terminer son style & ses lignes horaires par deux paralleles.

Il y a un autre moyen de tracer mechaniquement sur un polyedre ou corps à plusieurs faces toutes sortes de cadrans reguliers ou irreguliers, déclinans & inclinez, & même sans connoître leur déclinaison ni inclinaison, par lequel on réussit aussi-bien que par toutes les differentes methodes que fournit la gnomonique. Pour cet effet, commencez par tracer exactement sur une des faces qui est parallele à l'horison, un cadran horisontal avec son style élevé perpendiculairement sur la ligne de 12 h. conformement à l'élevation du pole du lieu. Il faut ensuite connoître le lieu & la situation des soustylaires sur chacune des faces qui peut être éclairée du soleil, pour y placer fixement & perpendiculairement un style ou axe de cuivre ou de quelque autre matiere solide, proportionné à la grandeur desdites faces; en sorte que les axes de tous ces styles soient bien paralleles à celui de l'horisontal, vous servant pour cet effet d'une lime pour ôter ce qui excedera, ce que vous connoîtrez en les bornayant tous l'un après l'autre avec l'axe d'un grand style parallele à celui de l'horisontal placé de niveau, ou bien le tenant à la main de maniere que sa base soit parallele à l'horison; ce que l'on pourra faire par le moyen d'un perpendicule & de son plomb attaché au haut dudit style, & faire en sorte que tous ces axes tendent au pole du monde.

Le tout étant ainsi préparé, exposez ce corps aux rayons du soleil; tournez-le de maniere que l'axe du cadran horisontal marque par son ombre toutes les heures l'une après l'autre; & à mesure qu'il marquera chaque heure, tracez sur les faces la même ligne d'heure suivant l'ombre de leurs axes; continuez ces lignes horaires jusqu'au centre des cadrans qui ont un centre, soit en haut, soit en bas; & à ceux qui n'ont point de centre, terminez les lignes horaires par deux paralleles, comme on les voit sur les cadrans du dodecaëdre. Marquez-y les heures convenables du soir & du matin, selon que ces cadrans seront exposez à l'orient ou à l'occident, au midi ou au septentrion.

On peut faire la même chose de nuit à la lumiere d'un flambeau que l'on fera tourner autour du polyedre.

On place quelquefois dans les jardins de grands corps de pierre taillez à plusieurs faces, sur lesquelles on trace autant de cadrans par la methode que nous venons d'indiquer.

Il y a quelques-uns de ces cadrans où les vives arêtes des pierres servent d'axes, & doivent être taillées de maniere qu'elles tendent toutes au pole & soient paralleles à l'axe du monde.

Construction des cadrans par le calcul des angles.

CEtte methode est d'un grand secours pour verifier toutes les operations de la gnomonique où l'on a besoin de beaucoup d'exactitude, principalement quand on est obligé de faire un petit modele pour tracer un grand cadran, car une erreur presque insensible dans le modele devient très-considerable dans les longues lignes qu'il faut tracer sur un plan de grande étendue.

XXVII. Planche. Fig. 4.

En la construction des cadrans reguliers, comme par exemple, de l'horisontal, figure 4 planche 27, les divisions de la ligne équinoxiale L K sont les tangentes des angles du quart de cercle M H, & les lignes ponctuées en sont les secantes, c'est pourquoi on les peut marquer avec une échelle de parties égales ou avec un compas de proportion, en supposant, par exemple, le rayon H B de cent parties, la distance H I, tangente de 15 d. sera de 27 des mêmes parties; H 2, tangente de 30 d. sera de 58; H 3, tangente de 45 d. égale au rayon, sera de 100; H 4 tangente de 60 d. sera de 173; & H 5, tangente de 75 d. est de 373. Les divisions de l'autre moitié de cette ligne pour les heures avant midi sont semblables.

On peut de même trouver sur cette ligne les points des demi-heures & des quarts, en prenant les tangentes des arcs convenables, qu'il sera facile de trouver dans les tables ci-dessus pag. 263 & 264; à quoi l'on peut ajouter quelques abregez tirez de la valeur des secantes; comme par exemple la ligne B 4, secante de 60 d. étant double du rayon, si vous portez le double de B H, de B en 4, vous aurez le point de 4 h. sur la ligne équinoxiale. Cette même secante portée de 4 en L, donnera le point de 5; & si vous en faites autant de l'autre côté, vous aurez le point d'onze heures.

A l'égard des demi-heures on peut les trouver par le moyen des secantes des heures qui sont en nombre impair; par exemple, la secante B 3, portée sur la ligne équinoxiale au point 3, donnera d'un côté 4 h. & demie, & de l'autre 10 h. & demie. La secante B 9, donne 7 h. & demie & une & demie. B 11, donne 8 & demie & 2 & demie. B 1, donne 3 & demie & 9 & demie. B 7, donne 6 & demie & 12 & demie. Enfin B 5, donne 11 & demie & 5 & demie.

La division de cette ligne sert à faire exactement les cadrans horisontaux, verticaux, & principalement les cadrans reguliers sans centre, comme sont les polaires, les orientaux & occidentaux; car pour les équinoxiaux on ne peut rien ajouter à la facilité de les construire, puisque les angles horaires au centre de ces cadrans, sont tous égaux.

A l'égard des horisontaux on peut trouver par le calcul de la trigonometrie les angles que font au centre du cadran les lignes horaires avec la meridiene par cette analogie. Comme le sinus total est au sinus de l'éle-

vation du pole, ainſi la tangente de la diſtance horaire eſt à la tangente de l'arc horaire.

Par le mot de diſtance horaire on doit entendre l'angle de quelque ligne horaire avec la meridiene au centre d'un cadran équinoxial, tels que ſont 15 d. pour une & 11 h. 30 d. pour 2 & 10, & ainſi des autres, augmentant 15 d. pour chaque heure, & 7 d. 30 m. pour chaque demie.

Si donc on propoſe de trouver l'angle horaire de 1 h. du ſoir ou 11 h. du matin au centre d'un cadran horiſontal pour 49 d. de latitude ou élevation de pole, il faut faire une regle de trois, dont le premier terme ſoit le ſinus total 100000; le ſecond ſoit le ſinus de 49 d. qui eſt 75471; le troiſiéme terme, la tangente de 15 d. qui eſt 26795, La regle étant faite, on trouvera pour quatriéme terme 20222, lequel étant cherché dans les tables des ſinus, ſous la colonne des tangentes répond à 11 d. 26 m. c'eſt pourquoi l'angle propoſé avec la meridiene eſt de 11 d. 26 m.

On trouvera par ce moyen les angles que font avec la meridiene toutes les autres heures & demi-heures au centre du cadran horiſontal, par autant de regles de trois, dont les premiers termes ſeront toujours les mêmes; ſavoir, le ſinus total & le ſinus de l'élevation du pole; c'eſt pourquoi il n'y aura que le troiſiéme terme à chercher dans les tables, ſavoir la tangente de la diſtance horaire.

On pourra, ſi l'on veut, prendre leurs logarithmes, afin d'éviter la peine de multiplier & diviſer ſuivant la table pag. 264.

Cette même regle peut ſervir auſſi pour les verticaux qui ne déclinent point en prenant pour ſecond terme le ſinus de complement de l'élevation de pole, c'eſt-à-dire, le ſinus de 41 d. qui eſt le complement de celle de Paris, puiſque tout cadran vertical peut être conſideré comme un horiſontal pour un pays où le pole ſeroit élevé d'autant de degrez ſur l'horiſon.

C'eſt encore la même regle pour les cadrans inclinez ſans déclinaiſon, en prenant pour ſecond terme de la regle de trois, le ſinus de l'angle que fait l'axe avec la meridiene au centre du cadran, comme par exemple, au cadran marqué B, ſur le dodecaëdre de la planche 27. Nous avons dit ci-devant qu'étant incliné à l'horiſon de 63 d. 26 m. il en faut ſouſtraire l'élevation du pole du lieu que nous avons ſuppoſée de 49 d. & par conſequent il doit être fait comme un horiſontal pour un pays où le pole ſeroit élevé de 14 d. 26 m. Si donc vous voulez calculer ſes angles horaires, prenez pour ſecond terme de la regle de trois, le ſinus de 14 d. 26 m.

Table des arcs horaires avec la meridiene, au centre d'un cadran horiſontal.

Latitude	I & XI heur.	II & X h.	III & IX	IV & VIII	V & VII
41 deg.	9 d. 58 min.	20 45	33 16	48 39	67 47
49	11 26	23 33	37 3	52 35	70 27

A l'égard de la ligne de 6 h. elle fait toujours angle droit avec la meridiene au centre des horiſontaux & des verticaux ſans déclinaiſon.

Tracer par le calcul de la trigonometrie les principales lignes d'un cadran vertical déclinant.

CE calcul se fait par le moyen des cinq regles que nous allons expliquer.

PREMIERE PROPOSITION.

Connoissant la déclinaison du plan trouver l'angle de la soustylaire avec la meridiene.

I. REGLE.

Comme le sinus total est au sinus de la déclinaison du plan, ainsi la tangente du complement de la latitude est à la tangente de l'angle de la soustylaire avec la meridiene au centre des verticaux déclinans.

L'angle de ladite soustylaire avec l'horisontale est le complement de celui que fait au centre du cadran la meridiene avec la soustylaire.

L'angle de l'équinoxiale avec l'horisontale est égal à celui de la soustylaire avec la meridiene. L'angle de l'équinoxiale avec la meridiene est son complement.

II. REGLE.

Pour trouver l'angle de l'axe avec la soustylaire, que l'on peut aussi nommer l'élevation particuliere du pole sur le plan du vertical.

Comme le sinus total est au sinus du complement de la hauteur du pole sur l'horison, ainsi le sinus du complement de la déclinaison du plan, est au sinus de l'angle requis. L'angle de l'axe avec le style droit est le complement dudit angle.

L'angle du rayon de l'équateur avec le style droit, est égal à l'angle de l'axe avec la soustylaire. L'angle du rayon de l'équateur avec la soustylaire en est le complement.

III. REGLE.

Pour trouver les degrez de l'arc de l'équateur entre la soustylaire & la meridiene dans les verticaux déclinans ; ce qui se nomme aussi la difference entre le meridien du lieu & le meridien particulier du plan, car la soustylaire est la meridiene du plan.

Comme le sinus total est au sinus de la hauteur du pole sur l'horison, ainsi la tangente d'un arc, duquel le complement sera le requis.

IV. REGLE.

Pour trouver l'angle de la ligne de 6 h. avec l'horisontale, & ensuite avec la meridiene au centre.

Comme le sinus total est au sinus de la déclinaison du plan, ainsi la tangente de la hauteur du pole sur l'horison est à la tangente de l'angle que fait la ligne de 6 h. avec l'horisontale.

Le complement de cet angle est celui de la ligne de 6 h. avec la meridiene au centre des verticaux déclinans.

V. REGLE.

Trouver les angles de toutes les heures avec la souſtylaire, & enſuite avec la meridiene au centre des verticaux déclinans.

Cette propoſition eſt fondée ſur ce principe de gnomonique que tout plan peut être conſideré comme parallele à un horiſon ſur lequel le pole ſeroit élevé de même façon. Ainſi les cadrans qui s'y font ſe peuvent faire comme les horiſontaux, de même élevation, pourvû toutefois qu'on y obſerve les diſtances horaires convenables de part & d'autre depuis la ſouſtylaire.

Mais auparavant il faut connoître l'angle de la ſouſtylaire avec la meridiene par la premiere propoſition, 2°. l'élevation particuliere du pole ſur le plan propoſé par la ſeconde; 3°. les degrez de l'arc de l'équateur entre la ſouſtylaire & la meridiene par la troiſiéme, avec la difference ou les degrez des deux premieres diſtances depuis le ſtyle, dont l'une eſt entre la ſouſtylaire & la meridiene, & l'autre entre la ſouſtylaire & la ligne de 6 h.

REGLE GENERALE.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de l'élevation particuliere du pole ſur le plan déclinant, ainſi la tangente de la diſtance horaire, convenable depuis la ſouſtylaire, (ſoit la premiere, ſoit les ſuivantes avec elle,) eſt à la tangente de l'angle de l'heure propoſée avec la ſouſtylaire, au centre des verticaux déclinans.

Si la ſouſtylaire ſe rencontre juſtement ſur une demi-heure ou ſur quelque heure complete, les deux premieres diſtances horaires ſeront égales chacune de 7 d. 30 m. ou de 15 d. & en ce cas les angles trouvez pour un côté, ſeront les mêmes reſpectivement pour l'autre, comme ſi c'étoit un cadran regulier, & comme ſi la ſouſtylaire étoit la meridiene.

Application des regles precedentes pour un vertical déclinant de 45 d. du midi à l'occident, & 49 d. de latitude, tel qu'eſt celui de la figure 2 de la planche 28.

PAr la premiere regle on trouvera que l'angle de la ſouſtylaire avec la meridiene au centre du cadran eſt de 31 d. 35 m.

Par la ſeconde regle on trouvera que l'angle de l'axe avec la ſouſtylaire eſt de 27 d. 38 m.

Par la troiſiéme, que l'arc de l'équateur entre la ſouſtylaire & la meridiene eſt de 52 d. 58 m. & par conſequent que la ſouſtylaire eſt entre 3 & 4 heures.

Par la quatriéme, que l'angle de la ligne de 6 h. avec la meridiene eſt de 50 d. 52 m.

Ayant trouvé que l'arc de l'équateur entre la ſouſtylaire & la meridiene eſt de 52 d. 58 m. ôtez-en 45 d. qui eſt l'arc de l'équateur, qui convient à 3 h. reſte 7 d. 58 m. pour la diſtance horaire entre ladite ſouſtylaire & la ligne de 3 h. & par conſequent 7 d. 2 m. entre la ſouſtylaire & celle de 4 heures.

C'eſt

C'eſt pourquoi pour trouver les angles que font avec la ſouſtylaire les lignes des heures au centre du cadran, il faut commencer par une de ces diſtances, en diſant, par exemple, comme le ſinus total 100000 eſt au ſinus de l'élevation particuliere du pole, ſur le plan déclinant qui eſt en cet exemple de 27 d. 38 m. dont le ſinus eſt 46381, ainſi la tangente de 7 d. 2 m. qui eſt 12337, eſt à un 4me nombre, qui ſe trouvera 5722, tangente de 3 d. 16 m. & par conſequent l'angle de la ſouſtylaire avec la ligne de 4 h eſt de 3 d. 16. m.

Pour avoir l'angle de 5 h. il faut ajouter 15 d. à la diſtance horaire de 4 h. & chercher la tangente de 22 d. 2 m. & ainſi de ſuite.

Ce qui étant fait, l'angle de la ſouſtylaire avec la ligne de 5 heures ſera de . . . . . 10 d. 38 m.

Avec la ligne de 6 h. de	19	17
Avec la ligne de 7 h. de . . .	30	44
Avec la ligne de 8 h. du ſoir, de .	47	35

Mais ſi on veut avoir les angles de ces mêmes heures avec la meridiene, il faut y ajouter 31 d. 35 m. & par conſequent l'angle de la ligne de 4 h. avec la meridiene, ſera de . . . . . 34 d. 51 m.

De celle de 5 h.	42	13
De celle de 6 h.	50	52
De celle de 7 h.	62	19
De celle de 8 h.	79	10

Ayant fait un pareil calcul pour les heures qui ſont de l'autre côté de la ſouſtylaire, on trouvera que l'angle de ladite ſouſtylaire avec la ligne de 3 h. eſt de . . . . . 3 d. 45 m.

Avec la ligne de 2 h.	11	7
Avec la ligne d'une heure. . .	19	54
Avec la ligne de 12 h. . . .	31	35
Avec la ligne de 11 h.	48	54
Avec la ligne de 10 h.	75	7
Avec celle de 9 h.	106	48

De ces derniers angles ſi on ſouſtrait 31 d. 35 m. trouvez entre la ſouſtylaire & la meridiene, on connoîtra que l'angle de la ligne de 9 h. avec la meridiene eſt de . . . . . 75 d. 13 m.

Celui de la ligne de 10 h. . . .	43	32
Celui de la ligne de 11 h.	17	19

Et ainſi des autres.

Lorſque la déclinaiſon du plan eſt fort grande, on ne peut commodement y marquer le centre, parce que les lignes horaires y ſont trop ſerrées; mais en ce cas on les tracera entre deux lignes horiſontales, & les angles des lignes horaires au-deſſus deſdites horiſontales ſeront les complemens de ceux qu'elles feroient avec la meridiene au centre du cadran vertical.

Methode pour connoître la déclinaiſon d'un mur vertical par le calcul de la trigonometrie, & par quelques points d'ombre obſervez.

COmme la juſteſſe des cadrans verticaux dépend principalement de la connoiſſance qu'il faut avoir de la ſituation des murs ſur leſquels on veut les conſtruire, à l'égard du ciel, c'eſt-à-dire, de leur déclinaiſon, il

eſt à propos de chercher à la connoître avec toute l'exactitude poſſible; ce que nous allons faire avant que de finir ce chapitre.

PREPARATIONS.

XXVIII. Planche. Fig. 2.

Il faut premierement planter obliquement dans le mur en Y une verge de fer, dont l'extremité qui eſt en l'air ſoit pointue & aſſez éloignée dudit mur, comme eſt la verge courbée Y I, dont la pointe ou extremité pointue eſt I.

Secondement, il faut marquer le pied H du ſtyle qui eſt un point de la ſurface du cadran où elle eſt rencontrée par la perpendiculaire, menée de l'extremité I dudit ſtyle, & tracer la verticale H F qui paſſe par ce pied, & qui repreſente le vertical perpendiculaire au plan du cadran; il faut auſſi tracer la ligne horiſontale D C qui coupe à angles droits cette verticale au pied H du ſtyle.

Vous meſurerez enſuite exactement la longueur du ſtyle droit H I ou H F ſon égale; c'eſt-à-dire, la diſtance du pied du ſtyle à ſa pointe qui eſt en l'air, avec une échelle de parties égales mais fort petites, comme des lignes de pied de roi.

Ayant marqué ſur le mur pluſieurs points d'ombre en un beau jour, comme les points 2, 3, 4, on meſurera avec la même échelle la diſtance de chaque point d'ombre à la ligne horiſontale, comme ici, par exemple, la diſtance du point d'ombre 2, au point Z ſur l'horiſontale; & de même la diſtance du même point 2 à la verticale X H qui paſſe par le pied du ſtyle, comme ici du point 2 au point X; c'eſt-à-dire, on meſurera l'intervalle Z H depuis le pied du ſtyle juſques au point où la verticale menée par le point d'ombre obſervé, rencontre l'horiſontale comme ici au point Z; on écrit les nombres qui expriment ces diſtances avec ordre ſur un memoire, pour en faire les analogies ſuivantes.

Pour marquer ces points d'ombre avec préciſion & juſteſſe, on ſe ſervira de la methode ſuivante, que nous tenons de Mr de la Hire. On attache vers la pointe du ſtyle une petite platine de fer-blanc, ou de quelque autre metail très-mince, qui eſt percée d'un très-petit trou, en ſorte que le centre de ce petit trou convienne exactement à la pointe du ſtyle, & que la platine ſoit expoſée directement au ſoleil; on verra ſur la ſurface du cadran une petite ovale de lumiere qui paroîtra dans l'ombre de la platine. Cette obſervation ſe fait en traçant promtement un trait leger autour de cette ovale de lumiere, qui change continuellement de place; le centre de cette ovale ſe peut prendre pour la veritable ombre de la pointe du ſtyle.

Ayant ainſi marqué pluſieurs points d'ombre, il faut trouver par le calcul l'amplitude & la hauteur du ſoleil qui conviennent à chacun, & les cotter ſur le memoire.

On appelle ici amplitude l'angle que la hauteur du ſtyle fait avec la ligne tirée de chaque point d'ombre à la ligne horiſontale; chacune de ces lignes repreſente ſur le mur le vertical du ſoleil au tems de l'obſervation; cette amplitude eſt marquée dans ladite figure par l'angle H F Z, & c'eſt l'amplitude qui convient au point 2.

Pour avoir cet angle, on dira, comme la hauteur du ſtyle, eſt à la diſtance du point d'ombre à la ligne verticale du cadran; ainſi le rayon eſt à la tangente.

On fera cette analogie pour chaque point d'ombre, & on aura les amplitudes dont on fera une colonne.

Ensuite pour trouver la hauteur du soleil sur l'horison, il faut prendre le complement de l'amplitude & la distance de chaque point d'ombre à la ligne horisontale, & dire: Comme la hauteur du style est au sinus du complement de l'amplitude; ainsi la distance du point d'ombre à la ligne horisontale, est à la tangente de la hauteur du soleil sur l'horison.

Ayant trouvé l'élevation du soleil pour chaque point d'ombre, on en fera une colonne.

Si le point d'ombre observé se rencontre sur la verticale qui passe par le pied du style, il n'y aura point d'amplitude, & l'on aura par une seule regle la hauteur du soleil, en disant: Comme la hauteur du style est à la distance du point d'ombre au pied du style; ainsi le rayon est à la tangente de la hauteur du soleil.

Après quoi il faut trouver la distance de chaque vertical ou azimuth observé au meridien; & pour y parvenir il faut avoir la déclinaison du soleil pour le tems auquel on a pris les points d'ombre: si c'est pendant les solstices, la même déclinaison servira pour tous les points d'ombre observez dans un même jour; mais dans le tems des équinoxes, il faut avoir la déclinaison du soleil pour l'heure qu'on a observé chaque point d'ombre en prenant les parties proportionelles, comme il est expliqué dans le livre de la Connoissance des Tems.

Ayant la déclinaison du soleil, on en prendra le complement, s'il est dans les signes septentrionaux, ou bien on adjoustera sa déclinaison à 90 d. s'il est dans les meridionaux; & on prendra cette somme, comme aussi le complement de la hauteur du pole, & le complement de la hauteur du soleil.

On ajoute ensemble ces trois choses; du produit on en prend la moitié; de cette moitié on en ôte le complement de la hauteur du soleil, pour avoir la premiere difference; on ôte encore de cette même moitié le complement de l'élevation du pole, pour avoir une seconde difference, & l'on en forme les deux analogies suivantes.

Comme le sinus de complement de l'élevation du pole est au sinus de la premiere difference; ainsi le sinus de la deuxiéme difference est à un quatriéme sinus.

Comme le sinus de complement de la hauteur du soleil est au sinus total, ainsi le quatriéme sinus trouvé ci-devant, est à un autre sinus, qu'il faut multiplier par le sinus total, & du produit en prendre la racine quarrée, laquelle sera le sinus de la moitié de la distance du point d'ombre observé, ou de son vertical à la meridiene ou ligne de 12 h.

Ayant donc cherché ce sinus dans les tables, & ayant trouvé les degrez & minutes ausquels il répond, il faut doubler ces degrez & minutes pour avoir la distance au meridien.

Enfin pour avoir la déclinaison du mur qui est ici marquée par l'angle HFE, il y a cinq cas que nous allons expliquer par la susdite figure, qui represente un vertical déclinant du midi à l'occident.

En premier lieu, si le point d'ombre est entre le vertical du cadran qui passe par le pied du style & la ligne de 12 h. comme est ici le point 2 que je suppose avoir été observé quelque tems après midi, il faut ajouter l'amplitude à la distance du vertical au meridien.

2°. Si le point d'ombre est au-delà du vertical qui passe par le pied du style, comme est ici le point 3, il faut soustraire l'amplitude de la distance au meridien pour avoir la déclinaison.

3°. Si le point d'ombre observé se trouve précisément sur le vertical qui passe par le pied du style, il n'y a point d'amplitude, & sa distance au meridien sera la déclinaison du mur.

4°. Si le point d'ombre est au-delà du meridien, comme est ici le point 4, que je suppose avoir été observé avant midi, l'amplitude sera plus grande que la déclinaison, & pour l'avoir, il faudroit soustraire la distance au meridien de l'amplitude.

En cinquiéme & dernier lieu, si le point d'ombre étoit observé précisément à l'heure de midi, la déclinaison du mur seroit égale à l'amplitude; & comme je suppose que l'on connoît la déclinaison du soleil & la hauteur du pole du lieu, il sera facile de connoître si la hauteur du soleil observée est la plus grande du jour, c'est-à-dire, si elle est la hauteur meridiene.

Ce que nous venons de dire peut s'appliquer sans peine à toute sorte de déclinaison, soit vers l'orient, soit vers l'occident, en observant que la ligne de minuit tient lieu de celle de midi pour les murs qui déclinent du septentrion à l'orient ou à l'occident.

Un exemple éclaircira ce que nous venons de dire : Supposons pour cet effet, que dans un lieu où le pole septentrional est élevé de 48 d. 50 m. nous ayons observé un point d'ombre sur un mur bien vertical aux environs du solstice d'été, soit la hauteur du style de 300 parties égales, & la distance du point d'ombre au vertical qui passe par le pied du style, de 100 des mêmes parties.

Operation par les logarithmes.

Logarithme de 100	20000000
Logarithme sinus total	100000000
Somme	120000000
Logarithme de 300 . . .	24771212
Reste . . .	95228788

Ce nombre restant est logarithme tangente de 18 d. 26 m. pour l'amplitude du point observé, & son complement 71 d. 34 m.

Ensuite pour trouver la hauteur du soleil sur l'horison, je suppose la distance du point d'ombre observé, à la ligne horisontale, de 600 des mêmes parties.

Logarithme sinus de 71 d. 34 m. . .	99771253
Logarithme de 600 . .	27781512
Somme . . .	127552765
Logarithme de 300	24771212
Reste . . .	102781553

Ce nombre restant est logarithme tangente de 62 d. 13 m. pour la hauteur du soleil.

Supposant donc la hauteur du pole . .	48 d.	50 m.
La déclinaison septentrionale du soleil	23	15
La hauteur du soleil observée. . .	62	13

Operation pour trouver la distance au meridien.

Complement de l'élevation du pole . .	41 d.	10 m.
Complement de la déclinaison du soleil . .	66	45
Complement de la hauteur du soleil . ,	27	47
Somme . .	135	42
Moitié de ladite somme . .	67	51
Otant le complement de l'élevation du pole	41	10
Premiere difference .	26	41
Otant encore de	67 d.	51 m.
Le complement de la hauteur du soleil .	27	47
Seconde difference .	40	4

PREMIERE ANALOGIE.

Log. sinus de la premiere difference	26 d. 41 m.	96523035
Log. sinus de la seconde difference	40 4	98086690
Somme		194609725
Oter le logarithme sinus de . .	41 d. 10 m.	98183919
Quatriéme sinus restant . .		96425806

SECONDE ANALOGIE.

Logarithme sinus total . . .		100000000
Quatriéme sinus		96425806
Somme . .		196425806
Oter le logarithme sinus de	27 d. 47 m.	96685064
Sinus restant . . .		99740742
A multiplier par le sinus total		100000000
		199740742
Moitié dudit nombre pour racine quarrée .		99870371

Ce dernier nombre répond au sinus logarithme de 76 d. 4 m. lequel étant doublé fait 152 d. 8 m. mais parce que cet angle est obtus il faut le soustraire de 180, le reste 27 d. 52 m. est la distance du vertical observé au meridien; & comme le point d'ombre 2, pour lequel a été fait ce calcul, est entre le vertical qui passe par le pied du style & la ligne de 12 h. il faut ajouter la susdite distance à l'amplitude calculée 18 d. 26 m. pour avoir la déclinaison 46 d. 18 m.

Par un seul point d'ombre observé bien exactement, on peut trouver la déclinaison d'un mur; mais il est mieux d'en observer plusieurs soit en un même jour, soit en differens tems, afin qu'ayant calculé autant de fois la déclinaison, qu'il y a de points d'ombre observez, on puisse prendre la partie proportionelle des differences, qui ne doivent pas neanmoins être

considerables quand on fait les operations exactes. Ainsi si par exemple, on avoit marqué six points d'ombre, on prendroit la sixiéme partie de la somme des six differentes déclinaisons qui auroient été trouvées, pour en conclure la veritable déclinaison du mur.

Methode universelle proposée par Mr de la Hire, pour faire les cadrans solaires sur toute sorte de surface, sans s'embarrasser d'en connoître la déclinaison, l'inclinaison, ni la hauteur du pole.

XXVIII. Planche. Fig. 9.

SOit un style A S posé sur un plan dont le point S soit en l'air, & le point P soit le point d'incidence; ayant marqué sur ce plan deux points d'ombre D & E, les plus éloignez l'un de l'autre qu'il sera possible, & en differens jours, si vous souhaitez: on traçera par la methode suivante deux lignes courbes F G, I H, & la ligne R T qui touchera ces courbes sera la ligne équinoxiale; la ligne P V qui venant du point P est perpendiculaire à R T sera la soustylaire, ou la meridiene du plan. Cela fait il sera facile d'achever le cadran par les regles generales précedentes, & par le centre diviseur de la ligne équinoxiale.

On sait que la ligne tirée perpendiculairement au rayon de l'équinoxiale par le sommet du style droit élevé sur la soustylaire donne le centre du cadran au point de son intersection avec la soustylaire, & que cette ligne est l'axe du cadran.

On sait encore que l'intersection de la ligne horisontale avec l'équinoxiale donne le point de 6 h.; par consequent dans la division qu'on fera des heures sur la ligne équinoxiale tracée, il faudra commencer le point de 6 h. comme on vient de dire, & suivre comme on a coutume de faire dans les autres cadrans, où on employe cette ligne équinoxiale pour y tracer les heures.

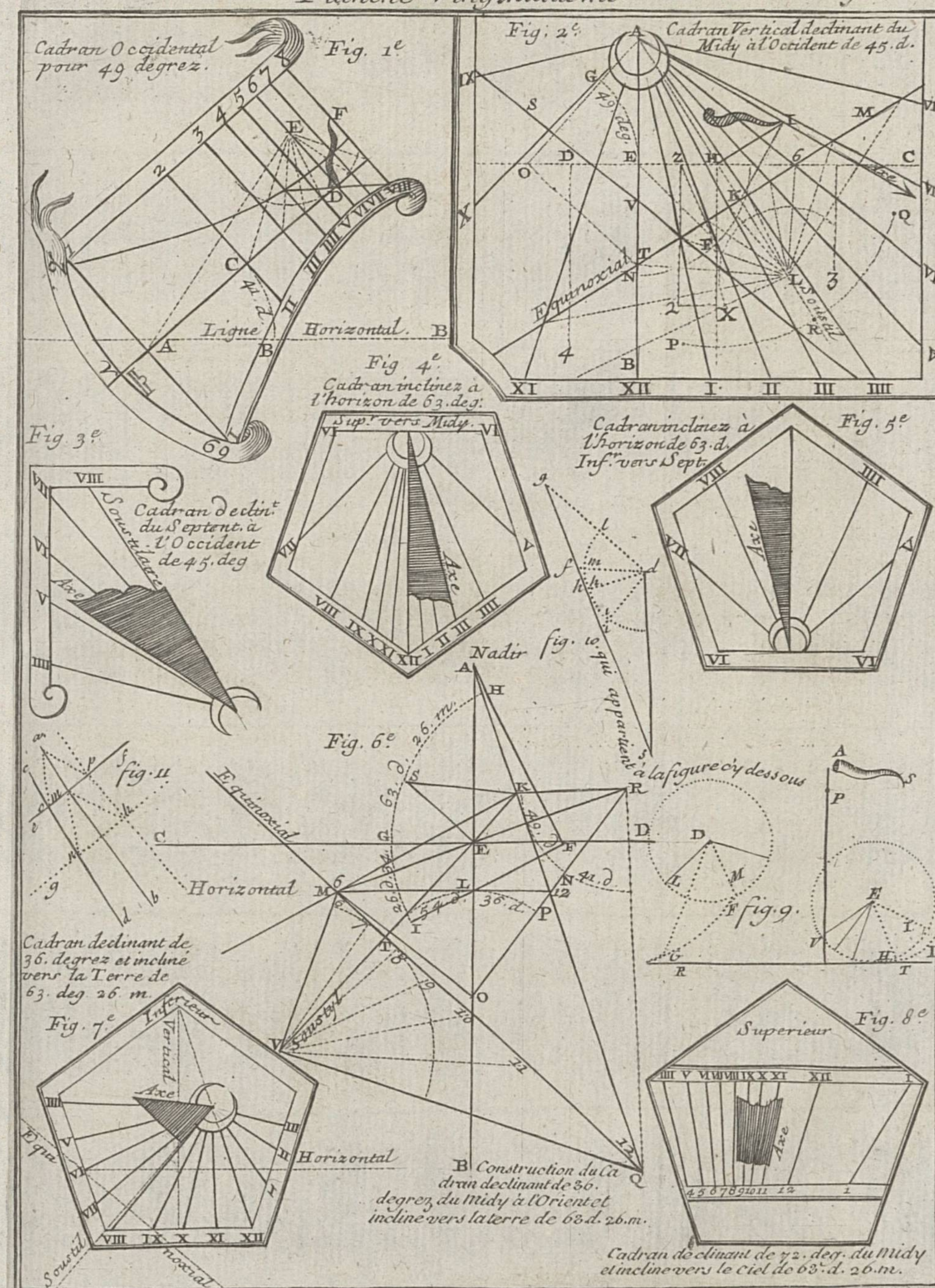
On suppose que le plan est vertical, & par consequent parallele à une ligne qui tomberoit à plomb du bout du style S: Que si ce plan n'étoit pas parallele à une ligne à plomb, faites pendre un plomb du bout du style S, & couchez une équerre au point S, dont une branche tombe sur la ligne à plomb, l'autre branche ira marquer sur le plan un point, par lequel passera une ligne de niveau sur le plan: ce sera la ligne horisontale, laquelle sera tantôt au-dessus du pied du style, & tantôt au-dessous, selon que le plan sera incliné ou déclinant de l'horison; d'où il s'ensuivra que la ligne de midi ne sera pas à plomb si le plan n'est absolument vertical.

Pour tracer les lignes courbes.

Fig. 10

SOit fait sur un plan l'angle *d s g* égal à l'angle de la déclinaison du soleil au tems où l'on a marqué le point d'ombre D; du point d'ombre D pour centre sur le plan ayant decrit un cercle L M, & tiré plusieurs rayons D L, D M ayant fait *s d* égal à S D du point *d* comme centre, soit decrit le cercle *l m* égal au cercle L M, & ayant transporté la grandeur S L en *s l*; où elle rencontrera le cercle *l m* en *l*, soit menée *d l* prolongée ou non qui rencontrera *s g* en *g*, & soit transporté *d g* en D G sur le cadran; de même soit pris *s m*; ainsi d'autant de rayons qu'on voudra pour y avoir la courbe plus juste sur chaque point. On en fera autant autour du point E. Si on

Planche Vingthuitieme



a tiré beaucoup de rayons on decrira plus juſtement les courbes. Si l'operation eſt faite après les équinoxes, c'eſt-à-dire, vers le ſolſtice d'été, les points d'ombre obſervez ſeront au-deſſous de l'équinoxiale dans un plan vertical, & au-deſſus dans un plan horiſontal ou ſeptentrional.

Remarquez qu'il faut un ſtyle courbe pour bien en prendre le point d'incidence, que pour le plus ſûr il faut faire des cercles entiers autour des points d'ombre pour ne ſe pas tromper, parce que ſi le ſoleil eſt dans les ſignes ſeptentrionaux, & que le plan ſoit déclinant du midi, il faut faire l'operation vers le haut; parce que, comme nous avons dit, l'équinoxiale eſt au-deſſus des points d'ombre; & au contraire ſi c'eſt un plan horiſontal ou ſeptentrional, ou enfin s'il n'eſt pas incliné de plus de la hauteur du pole.

Pour faire l'angle de déclinaiſon du ſoleil convenable aux jours auſquels on a obſervé le point d'ombre, ſervez-vous des tables que nous avons données livre 7, pag. 254, 255, 256 & 257, & choiſiſſez celle qui convient à l'année en laquelle vous operez.

Il n'arrive que trop ſouvent que la diſpoſition des lieux, ou la déclinaiſon trop grande, ne permettent pas de ſe ſervir du centre du cadran pour en tracer les heures, il faudroit avoir recours à la methode ſuivante de tracer par un ſeul point de chaque ligne des lignes aboutiſſantes à un point commun avec deux autres lignes déja données; ainſi des ſeules lignes souſtylaire & de l'axe données, ſans avoir beſoin de leur interſection, on tirera les lignes horaires d'un cadran, ſi vous avez les points des heures marquez ſur l'équinoxiale en cette ſorte.

Soit la ligne ſouſtylaire tracée *ab* figure 11, & *cd* la ligne de l'axe auſſi tracée, ces deux lignes aboutiſſant au même point, c'eſt-à-dire, au centre du cadran qu'on veut tracer: je veux tirer vers le centre une troiſiéme ligne du point donné *h*, je tire la perpendiculaire ou traverſante *ef*, & ſa parallele *gh* par le point donné *h*; du point *m*, je tire la ligne *mn*; du point *a* à volonté je tire *ao*, parallele à *mn*; enſuite du point *m*, je tire *mh*; du point *a*, je tire encore une parallele à *mh*, qui me donne ſur la ligne *ef* le point *p*, par lequel, & le point *h* donné, je tire la ligne demandée, qui aboutira au centre du cadran. Fig. 11.

Cette methode eſt très-utile, non ſeulement dans la gnomonique, mais encore dans la géometrie; car s'il s'agiſſoit de tirer à travers d'un bois une allée qui aboutît d'un point à un autre qu'on ne verroit pas, comme ſi le centre d'un cadran étoit le clocher d'un village, & le point *h* un château, duquel on voudroit tirer une route à travers du bois droit au clocher; il ſuffira de tirer dans la campagne voiſine deux lignes aboutiſſantes au clocher, on pourra tracer la route à travers du bois ſans en couper trop.

Il arrive encore qu'on eſt quelquefois aſſez embaraſſé à tracer toutes les heures ſur la ligne équinoxiale, parce que les interſections trop éloignées ne peuvent ſe trouver ſur la ſurface du cadran; pratiquez alors ce que nous diſons chap. 1er, ſur la conſtruction des cadrans déclinans, vers le milieu de la ſection.

CHAPITRE II.

Contenant la construction & les usages d'un instrument propre à connoître la declinaison & inclinaison des plans.

XXIX. Planche. Fig. 1.

CEt instrument se nomme déclinatoire & inclinatoire. Il est fait d'une plaque de cuivre ou de bois sec, bien unie, de figure rectangle, d'environ un pied de long & de 7 à 8 pouces de large. On trace bien parallelement à un de ses longs côtez, comme à A B, le diametre d'un demi-cercle que l'on divise en deux quarts de 90 d. chacun, lesquels on subdivise quelquefois en demi-degrez. La division doit commencer du point H, comme on le voit par la figure de l'instrument. On y ajoûte une alidade marquée I, qui tourne autour du centre G par le moyen d'un clou à tête. On attache avec des vis à la ligne de foi de l'alidade, une boussole dont le nord est tourné vers le centre G, & même quelquefois un petit cadran horisontal dont la ligne de 12 h. est pareillement tournée vers le centre G. Je ne m'arrêterai pas davantage sur la construction de cet instrument; il sera facile de l'entendre après ce qui a été dit ci-devant.

Usage du déclinatoire.

UN plan est dit déclinant lorsqu'il n'est pas tourné directement vers une des quatre parties cardinales du monde, qui sont le septentrion, le midi, l'orient & l'occident; & la déclinaison se mesure par l'arc de l'horison compris entre le premier vertical & le vertical parallele au plan, s'il est vertical, c'est-à-dire, perpendiculaire à l'horison: car si le plan est incliné il ne peut être parallele à aucun vertical, si ce n'est par sa base; & pour lors l'arc de l'horison compris entre le premier vertical & celui qui est parallele à la base du plan incliné, est la mesure de sa déclinaison; ou bien l'arc de l'horison, compris entre le meridien du lieu & le vertical perpendiculaire au plan; (ces deux arcs étant égaux sont également la mesure de la déclinaison du plan.

Il n'y a que les plans verticaux ou inclinez qui puissent être déclinans; car pour l'horisontal il ne peut décliner, parce que sa face superieure regardant directement le zénith, son plan est tourné indifferemment vers les quatre parties cardinales du monde.

Pour connoître la déclinaison d'un plan, soit vertical, soit incliné, tracez-y une ligne de niveau, c'est-à-dire, parallele à l'horison; appliquez le long de cette ligne le côté A B de l'instrument, & tournez l'alidade avec la boussole, jusqu'à ce que l'éguille aimantée s'arrête justement sur sa ligne de déclinaison qui doit être marquée au fond de la boussole; cela étant, le nombre des degrez coupez par la ligne de foi de l'alidade marquera la déclinaison du plan vers la partie du monde, indiquée par l'écriture gravée sur le déclinatoire. Si, par exemple, l'alidade se trouve arrêtée entre H & B, sur le 45me d. & si le bout de l'éguille qui marque le nord ou le septentrion est directement sur le point S de sa ligne de déclinaison, le plan décline

décline de 45 d. du midi à l'occident ; mais si dans cette même situation du déclinatoire, le bout opposé de l'éguille qui marque le midi étoit arrêté sur le point S de ladite ligne de déclinaison, le plan observé déclineroit de 45 d. du septentrion à l'orient.

Si l'alidade se trouve entre A & H, & le nord de l'éguille sur le point S, la déclinaison du plan sera du midi à l'orient ; mais si dans cette situation de l'alidade, le midi de l'éguille est arrêté sur ledit point S, le plan décline du septentrion à l'occident.

Si le lieu où l'on fait l'observation étoit éclairé du soleil, & qu'on fût assuré de l'heure presente par quelque bon cadran, ou autre moyen sûr, on pourroit trouver la déclinaison du mur ou plan proposé, par le moyen du petit cadran horisontal attaché à l'alidade, laquelle on feroit tourner jusqu'à ce que le style de ce cadran marque l'heure juste, & pour lors les degrez du quart de cercle qui seroit à l'intersection de la ligne de foi de l'alidade, feroient connoître la déclinaison ; & par ce moyen on éviteroit les erreurs que peut causer la boussole, tant par la variation de l'aiman, que par l'approche du fer qui peut être caché dans les murs.

Lorsqu'un mur est éclairé du soleil, on peut trouver la soustylaire ou méridiene propre, par le moyen de deux points d'ombre observez de la maniere que nous avons dit, & ensuite sa déclinaison ; ou bien l'on peut tracer une ligne meridiene sur un plan horisontal proche dudit mur, laquelle étant prolongée jusqu'à son rencontre, servira à connoître sa déclinaison, comme aussi la variation de l'éguille aimantée en la maniere qui suit.

Ayant tracé un cercle sur un plan de niveau, comme il est representé par la figure M, plantez un style courbé en quelqu'endroit, comme en A, hors du centre du cercle, il suffit que son extremité pointue réponde justement à ce centre ; ce qu'il sera facile de faire par le moyen d'une équerre. Par ce moyen le centre du cercle étant libre & degagé, on tirera la meridiene qui doit passer par ce centre, plus commodement que si le style y étoit placé. Avant que de tracer ce cercle il est à propos de voir la longueur de l'ombre de votre style, afin de faire passer sa circonference par le premier point d'ombre quelques heures avant midi ; lorsque l'ombre de l'extremité du style touchera la circonference du cercle, marquez-y un point comme G ; l'ombre se racourcira jusqu'à midi, & ensuite se ralongera quelques heures après ; lorsqu'elle touchera encore une fois la circonference du même cercle, marquez-y un second point comme F ; divisez l'arc FG en deux parties égales, & par son milieu C, & par le centre tirez le diametre BC, qui sera la meridiene.

Fig. M.

Si cette operation se faisoit au tems des équinoxes, il ne seroit pas besoin de tracer de cercle, car tous les points d'ombre seroient en ligne droite, comme ED, figure N, qui seroit la commune section de l'équateur & du plan, & toute ligne, la coupant à angles droits, comme BC, seroit la meridiene du plan horisontal.

En tout autre tems que celui des équinoxes, l'ombre de la pointe du style, decrit une courbe, comme GHF figure M.

Ayant donc une meridiene tracée, si on y applique un cadran horisontal, dont le midi soit tourné vers B, qui represente le nord, on connoîtra l'heure presente, & on tournera en même tems l'alidade, en sorte que le petit cadranqui y est attachémarque la même heure, & pour lors les degrez

de la circonference du déclinatoire, coupez par l'alidade, vous feront connoître la déclinaison du mur ou du plan.

Ou bien si vous prolongez la susdite meridiene jusqu'au rencontre du plan déclinant, elle fera deux angles inégaux avec la ligne horisontale que vous y aurez tracée, savoir, l'un aigu & l'autre obtus, que vous mesurerez le plus juste qu'il vous sera possible ; la difference de l'un ou l'autre de ces deux angles, à l'angle droit, sera la déclinaison du plan. Si, par exemple, l'angle aigu étoit de 50 d. & l'obtus par consequent de 130, leur difference à l'angle droit, seroit 40 d. pour ladite déclinaison.

Pour observer la variation de l'éguille aimantée, appliquez un des côtez de la plaque quarrée de la boussole au long de la ligne meridiene tracée sur le plan ; lorsque l'éguille sera arrêtée, remarquez de combien de degrez sa pointe qui marque le nord, sera éloignée de la fleur-de-lis qui est à la boussole, & par ce moyen vous connoîtrez la variation ou déclinaison de l'aiman ; mais ce ne sera pas pour long-tems, car elle est sujete à changer. Quand on prend la déclinaison des plans avec la boussole, il faut avoir égard à la variation de l'éguille aimantée, en la laissant arrêter sur une ligne qui marque sa variation, & que l'on trace ordinairement au fond de la boète de la boussole. Nous avons traité cette matiere fort au long page 250, & suivantes.

Usage de l'inclinatoire.

LE même instrument qui sert à prendre la déclinaison des plans, sert aussi à prendre leur inclinaison, c'est-à-dire, l'angle que fait le plan avec l'horison ; & pour cet effet il y a un petit trou au centre G, où l'on passe une soie, au bout de laquelle il y a un plomb.

Fig. 2. La figure 2, fait connoître la maniere de prendre la déclinaison & l'inclinaison des plans.

Le plan A, où est appliqué le déclinatoire est un plan vertical meridional sans déclinaison.

Le plan B décline du midi à l'occident de 45 d.

Le plan C est un occidental tourné directement au couchant.

Le plan D est un déclinant du septentrion à l'occident de 45 d.

Les autres déclinaisons plus ou moins grandes se prennent de la même maniere en approchant du mur le côté AB du déclinatoire, en sorte que le plan du demi-cercle soit parallele à l'horison.

Maniere de prendre l'inclinaison des plans.

POur mesurer l'angle d'inclinaison, il faut approcher du mur quelqu'un des autres côtez du même instrument, & tenir le plan du demi-cercle perpendiculaire à l'horison, afin que la soie du plomb suspendue au centre, rasant la circonference, y marque les degrez dudit angle.

Si, par exemple, on applique le côté CD sur le plan E, & que la soie tombe le long de la ligne GH, c'est une marque que ce plan est parallele à l'horison.

Appliquant le côté CA de l'instrument sur le plan F, si le plomb tombe comme la figure le marque, ce plan est incliné de 45 d. vers le ciel.

Le même instrument appliqué au plan G, si le plomb tombe le long du diametre, ce plan est vertical.

Enfin, le côté A C étant appliqué sur le plan H, & la soie du plomb tombant comme la figure le montre, marque son inclinaison de 45 d. vers la terre.

CHAPITRE III.

Contenant la construction & les usages des instrumens propres à marquer sur les cadrans les arcs des signes, les arcs diurnes, les heures babyloniques, les heures italiques, les almucantarats & les meridiens des principales Villes.

IL s'agit presentement de marquer sur les cadrans certaines lignes que l'ombre de l'extremité du style parcourra, lorsque le soleil entrera dans chacun des douze signes du zodiaque.

Du trigone des signes.

LA figure 3, represente le triangle ou trigone des signes. On le fait de cuivre ou de quelque autre matiere solide, grand à discretion. Pour le construire tirez premierement la ligne *a b*, qui represente l'axe du monde, & *a c* perpendiculaire à l'axe, pour representer le rayon de l'équateur. Du point *a*, comme centre, tracez à discretion l'arc *d c e*. Du point *c* comptez de part & d'autre 23 d. & demi, pour la plus grande déclinaison du soleil, & tirez les lignes *a d*, *a e* pour les deux tropiques, l'un d'été & l'autre d'hiver. Tirez aussi la ligne *d e*, laquelle sera divisée en deux également par le rayon de l'équateur au point *o*, duquel comme centre, tracez un cercle dont la circonference doit passer par les points des tropiques *d* & *e*; divisez cette circonference en 12 parties égales en commençant du point *d*; par chaque point de division également éloigné des points *d* & *e*, tirez des lignes occultes paralleles au rayon de l'équateur, qui marqueront sur l'arc *d c e* des points, par lesquels & du centre *a* vous tirerez des lignes qui representeront les commencemens des signes du zodiaque, distans l'un de l'autre de 30 d. Pour les diviser de 10 en 10 d. il faut diviser la circonference du cercle en 36 parties égales, & en 72 pour avoir cette division de 5 en 5 d. On marque les caracteres des signes sur chaque ligne, comme on le voit par la figure 3me. Quand le trigone est divisé de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, à l'endroit de chaque premiere dixaine des signes on met la lettre du mois qui lui convient.

Fig. 3.

On peut encore faire ce trigone des signes plus promtement, par le moyen de la table des déclinaisons du soleil marquées ci-après; car ayant tracé les deux lignes *a b*, *a c* à angles droits, mettez le centre d'un rapporteur au point A, son angle de 90 d. vers le point *c*, & le tenant ainsi fixement, comptez de part & d'autre du rayon *a c*, 23 d. 30 m. pour les tropiques de ♋ & ♑, 20 d. 12 m. pour les commencemens des signes ♌, ♊, ♐ & ♒, & 11 d. 30 m. pour ♉, ♍, ♏, & ♓. On divisera de même chaque espace des signes de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, par les déclinaisons marquées dans la table ci-après. Les points équinoxiaux de ♈ & ♎ se placent au bout du rayon de l'équateur *a c*.

Table des déclinaisons du soleil en tous les degrez de l'écliptique.

Degrez de l'éclipt.	Signes. ♈ D.	♎ M.	Signes. ♉ D.	♏ M.	Signes. ♊ D.	♐ M.	Degrez
1	0	24	11	51	20	25	29
2	0	48	12	12	20	36	28
3	1	12	12	32	20	48	27
4	1	36	12	53	21	0	26
5	2	0	13	13	21	11	25
6	2	23	13	33	21	21	24
7	2	47	13	53	21	32	23
8	3	11	14	12	21	42	22
9	3	35	14	32	21	51	21
10	3	58	14	51	22	0	20
11	4	22	15	9	22	8	19
12	4	45	15	28	22	17	18
13	5	9	15	47	22	24	17
14	5	32	16	5	22	32	16
15	5	55	16	22	22	39	15
16	6	19	16	40	22	46	14
17	6	42	16	57	22	52	13
18	7	5	17	14	22	57	12
19	7	28	17	30	23	2	11
20	7	50	17	47	23	7	10
21	8	13	18	3	23	11	9
22	8	35	18	16	23	15	8
23	8	58	18	34	23	18	7
24	9	20	18	49	23	21	6
25	9	42	19	3	23	24	5
26	10	4	19	18	23	26	4
27	10	26	19	32	23	27	3
28	10	47	19	46	23	28	2
29	11	9	19	59	23	29	1
30	11	30	20	12	23	30	0
Quantiéme des signes.	♓	♍	♒	♌	♑	♋	Quantiéme des signes.

Par la déclinaison du soleil en chaque degré de l'écliptique, on doit entendre les degrez & minutes de distance, dont le soleil est éloigné de l'équateur en chaque jour de l'année.

Par le moyen de la table des déclinaisons on connoît par tout & à chaque jour à midi combien le soleil décline & s'éloigne des équinoxes en chaque degré des signes du Zodiaque, la plus grande étant supposée 23 d. 30 m. bien qu'à present elle ne soit que d'environ 23 d. 29 m. mais une minute de difference est peu considerable dans l'usage des cadrans. Les degrez qui vont en croissant de haut en bas dans la premiere colonne vers la

gauche sont pour les signes marquez au-dessus ; & les degrez qui vont en décroissant de haut en bas dans la derniere colonne vers la droite, sont pour les signes marquez en dessous.

Nous allons maintenant parler du triangle ou secteur des arcs diurnes & nocturnes que represente la figure 4.

Du trigone des arcs diurnes pour marquer sur les cadrans les longueurs des jours.

COmme par la déclinaison des arcs des signes l'on entend la déclinaison du soleil entrant dans chaque signe du zodiaque (article precedent,) de même par la déclinaison des arcs diurnes, il faut entendre la déclinaison du soleil en certains degrez de l'écliptique esquels il se trouve aux jours qui contiennent un certain nombre d'heures completes, comme 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, &c. Le trigone des signes est le même pour toutes les élevations du pole, parce que les arcs de déclinaison desdits signes commencent & finissent en mêmes degrez de l'écliptique & en mêmes jours ; mais le trigone des arcs diurnes varie comme leur déclinaison selon chaque élevation particuliere du pole ; d'autant qu'ils ne commencent & ne finissent pas toujours par tout en mêmes jours : ils se tracent sur les cadrans par des lignes courbes comme les arcs des signes, mais au lieu que la déclinaison de ceux-ci est par tout la même, comme il a été dit, les arcs diurnes au contraire sont tous particuliers & divers selon la diversité des latitudes des pays, & des plus longs ou plus courts jours de chacune, on en met autant qu'il y a d'heures de difference entre le plus court & le plus long jour de l'année : leur usage est que le bout de l'ombre du style parcourant ces arcs, fait connoître combien d'heures le soleil reste ce jour-là sur l'horison, c'est-à-dire la longueur du jour, & par consequent celle de la nuit qui est son complement à 24 h.

Les rayons des arcs diurnes sont des lignes droites tirées du centre de la terre, ou du bout du style qui le represente, aux circonferences des arcs diurnes qui sont des cercles paralleles à l'équateur comme les arcs des signes ; ainsi ces arcs diurnes ne sont que les mêmes cercles de certains degrez de l'écliptique, ausquels le soleil se trouve en tels jours qui (comme nous avons déja dit) contiennent un certain nombre d'heures, si bien que le soleil étant en l'un de ces paralleles, & tant éloigné de l'équateur, le jour soit plus court ou plus long d'une heure, que lorsqu'il est au parallele precedent ou au suivant.

XXIX. Planche. Fig. 4.

Pour construire le triangle des arcs diurnes, tirez premierement sur une plaque de cuivre ou de quelque autre matiere solide, la ligne droite R Z, qui est le rayon de 12 h. ou de l'équateur ; du point R, comme centre & d'une ouverture de compas à volonté, decrivez l'arc de cercle T S V ; portez de S en V un arc égal à celui de l'élevation de l'équateur, ou ce qui est le même, du complement de l'élevation du pole, comme, par exemple, si le pole est élevé de 49 d. faites l'arc S V de 41 d. aussi-bien que l'arc S T ; tirez ensuite la droite T X V, & du point X comme centre décrivez la circonference de cercle T Z V Y, que vous diviserez en 48 parties égales par lesquelles tirant des lignes ponctuées paralleles au rayon de l'équateur R Z, ces lignes couperont le diametre T X V en 24 parties inéga-

les, par où & par le point R vous tirerez les rayons des jours jusques à la circonference TSV qu'ils diviseront en arcs qui seront ceux de leur déclinaison comptée à droite & à gauche du point S.

Comme le plus long jour à Paris est de 16 h. & le plus court de 8, il ne sera necessaire de marquer que quatre rayons d'un côté de la ligne RZ, & autant de l'autre.

On peut encore trouver par la trigonometrie les angles que font au centre R tous les rayons, en faisant cette analogie.

Comme le sinus total est à la tangente du complement de l'élevation du pole, ainsi le sinus de la difference de l'arc semi-diurne des équinoxes & de l'arc proposé, est à la tangente de la déclinaison du rayon diurne qui étoit à trouver.

Si, par exemple, on veut tracer sur le trigone le rayon de l'arc diurne de 11 h. ou de 13 h. on trouvera sa déclinaison en cette sorte, le demi-arc diurne est de 5 h. & demie ou de 6 h. & demie; le jour des équinoxes est de 12 h. & par consequent le demi-arc diurne est de 6 h. & la difference est de demie-heure; c'est pourquoi il faudra mettre pour premier terme de la regle de trois le sinus total, pour second terme la tangente de 41 d. si c'est pour Paris, & pour troisiéme terme le sinus de 7 d. 30 m. La regle étant faite, on trouvera que la déclinaison du soleil est de 6 d. 28 m. meridionale, lorsque le jour à Paris est de 11 h. completes & la nuit de 13, & que pareillement sa déclinaison étant de 6 d. 28 m. septentrionale, le jour y est de 13 h. & la nuit de 11 h.

En faisant trois autres regles de 3, on trouvera que la déclinaison de l'arc diurne de 10 h. & de 14 h. est de . . . 12 d. 41 m.
Celui de 9 h. & de 15 h. est de . . 18 25
Et celui de 8 h. & de 16 h. de . . 23 30

Du trigone avec une alidade.

Fig. 5. La figure 5 est un triangle des signes monté sur une regle ou alidade A, pour tracer les arcs des signes sur les grands cadrans. On peut aussi marquer sur le même triangle les arcs diurnes; mais il ne faut mettre que les uns ou les autres sur le même cadran, pour éviter la confusion des lignes. Il y a un petit trou au centre avec un clou, par le moyen duquel l'instrument peut tourner autour du centre du cadran. On ajuste une coulisse à ce triangle pour qu'il puisse couler le long de la ligne de foi de la regle, & une vis marquée B, pour l'arrêter où l'on veut. Les arcs des signes avec leurs caracteres sont autour de la circonference, & une soie fine au centre du secteur, pour l'étendre le long des rayons jusqu'au rencontre des lignes horaires du cadran, de la maniere que nous dirons ci-après.

Fig. 6. La figure 6, represente la moitié d'un cadran horisontal avec les lignes horaires du matin jusqu'à midi, & sa ligne équinoxiale CD; ce qui doit suffire pour expliquer la maniere d'y tracer les arcs des signes par le moyen de la figure 7, laquelle represente un triangle des signes tracé sur une plaque, sur lequel on a rapporté les heures dudit cadran horisontal en cette maniere.

Prenez avec un compas sur le cadran la grandeur de l'axe VR & la portez sur l'axe du triangle de O en C figure 7; prenez ensuite au cadran la distance du centre V jusqu'au point C, où la ligne de 12 h. coupe

l'équinoxiale, & la portez au triangle de C en *a*, pour y tracer legerement C *a*, 12 qui coupera toutes les 7 lignes du triangle.

Prenez sur cette ligne la distance du point C jusqu'au rencontre du rayon de ♋ du parallele du tropique d'été, & portez-la au cadran du centre V, sur la ligne de 12 h. pour y marquer un point dudit tropique; prenez de même sur la ligne C *a* 12 du triangle la distance depuis C jusqu'au rencontre du parallele des ♊, & la portez au cadran sur la même ligne de 12 h. pour y marquer un point dudit parallele; prenez aussi toutes les autres distances sur le triangle, & les portez l'une après l'autre au cadran sur la ligne de 12 h. depuis le centre jusqu'au point du tropique d'hiver, qui doit être le plus éloigné du centre sur le cadran horisontal; faites la même chose pour toutes les autres heures l'une après l'autre. Prenez, par exemple, sur la ligne d'11 h. du cadran la distance depuis le centre jusqu'au point où cette ligne coupe l'équinoxiale, portez-la au triangle de C vers *a*, & tirez la ligne C 11, prenez les distances du point C jusqu'à l'intersection de chaque parallele des signes, & les portez au cadran depuis le centre jusqu'aux points marquez 2 sur ladite ligne de 11, & ainsi des autres. Fig. 7.

A l'égard de la ligne de 6 h. laquelle sur le cadran est parallele à l'équinoxiale, faites-la aussi parallele au rayon de l'équateur O *a* sur le triangle. Pour y marquer la ligne de 7 h. du soir, decrivez du point C, comme centre, un arc à volonté 4 *cb*, sur lequel ayant pris la distance *ce* depuis la section *c* de l'arc avec la ligne de 6 h. jusqu'à la section *e* de la ligne de 5 h. on la portera de l'autre côté depuis *c* au point 7, par lequel on menera du centre *c* la ligne de 7 h. laquelle ne rencontrera que le tropique d'été, & à peine le parallele de ♊. Enfin la ligne de 8 h. du soir doit faire avec celle de 6, le même angle que fait de l'autre côté celle de 4 h.; mais il est inutile de la marquer pour la latitude de 49 d. puisque cette ligne ne peut couper aucun rayon des signes, étant parallele au tropique de ♋. Quand tous ces points seront marquez sur les heures du cadran, on joindra le mieux qu'il sera possible, tous ceux qui appartiennent à un même signe, par des lignes courbes qui representeront les paralleles des signes du zodiaque, dont on marquera les caracteres, comme on les voit en la figure. On y joint quelquefois les noms des mois & de quelque fête immobile remarquable. Faites la même chose pour les cadrans verticaux, sinon que le tropique d'hiver y doit être le plus proche du centre, & celui d'été le plus éloigné.

Pour marquer les arcs des signes ou les arcs diurnes sur les grands cadrans, on se servira de la figure 5, en la maniere qui suit.

Attachez la regle par un clou au centre du cadran, en sorte que vous la puissiez tourner & arrêter sur ses lignes horaires, comme on voit par la figure 8; après avoir pris la distance depuis le centre du cadran jusqu'au bout du style, & arrêté fixement le triangle avec la vis R, prenez d'une main la soie, & de l'autre remuez l'instrument couché sur le plan du cadran, en sorte que la soie tendue le long du rayon de l'équateur du trigone rencontre la section de l'heure & de la ligne équinoxiale du cadran; arrêtez l'instrument dans cette situation, étendez la soie sur les rayons du trigone, & marquez sur chaque ligne horaire les points par où doivent passer les paralleles de signes tant au-dessus qu'au-dessous de la ligne équinoxiale, comme il paroît que l'on a fait sur la ligne de 12 h. du cadran representé par la figure 8. Fig. 8.

Faites le même sur toutes les lignes horaires l'une après l'autre, & par les points du même signe, tracez les lignes courbes qui representeront leurs paralleles sur la surface du cadran.

Pour les marquer sur la ligne de 6 h. tournez l'instrument de sorte que la ligne de foi de la regle soit sur la ligne de 12 h. & le rayon de l'équateur soit parallele à la ligne de 6 h. après quoi vous étendrez la soie sur les rayons des signes, jusqu'à ce qu'elle coupe la ligne de 6 h. pour y marquer les points des paralleles.

Quand vous aurez marqué les arcs des signes d'un côté du cadran, par exemple, sur les heures du matin, vous transporterez du centre avec un compas les mêmes distances, sur les heures de l'autre côté de la meridiene; les points marquez sur la ligne de 11 h. seront portez sur celle d'une heure, ceux de la ligne de 10 h. seront portez sur celle de 2, & ainsi des autres également éloignez de la meridiene, & vous y mettrez les caracteres des signes qui leur conviennent.

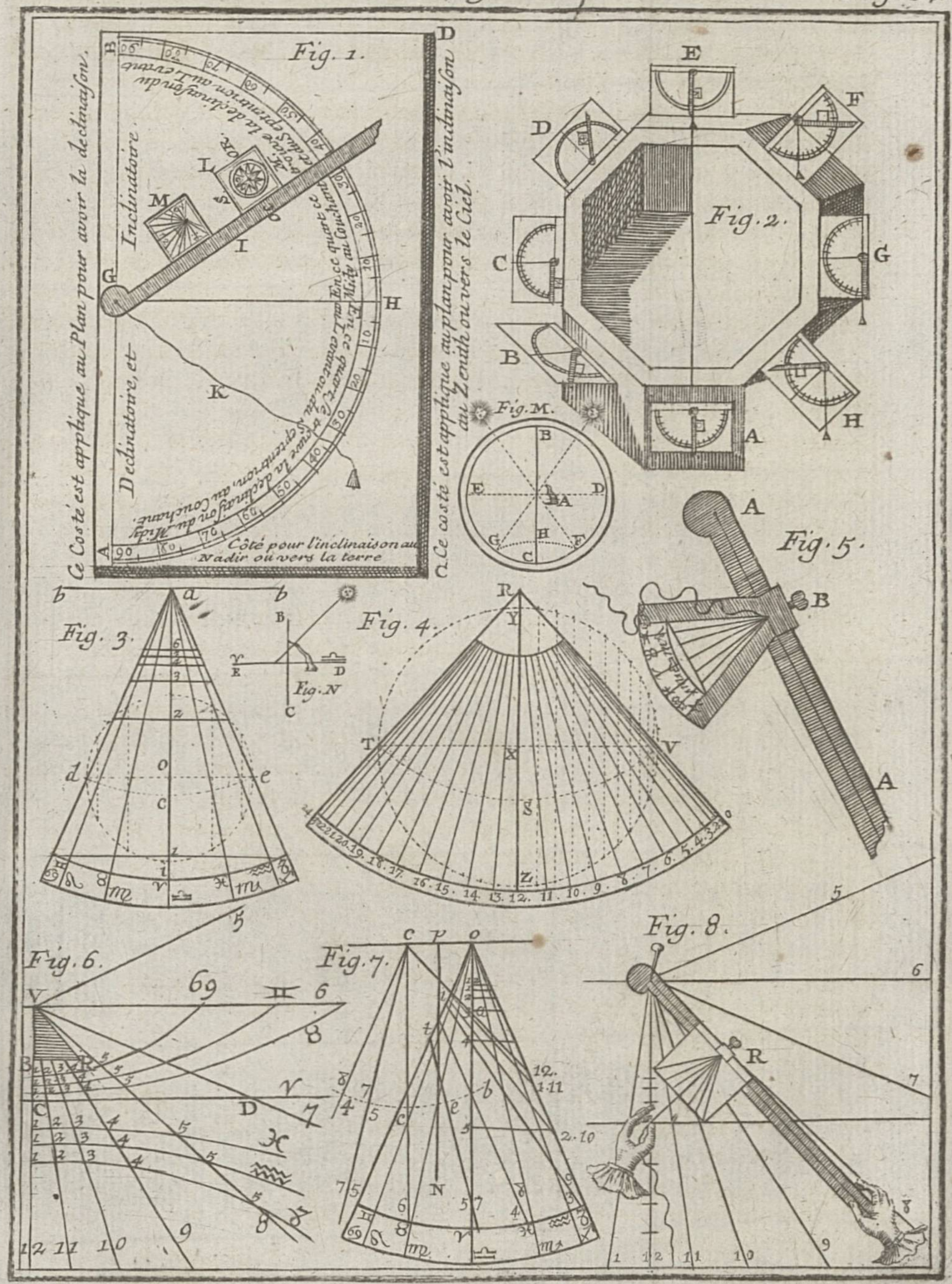
C'est de la même maniere qu'ils se marquent sur les cadrans déclinans, en prenant la soustylaire pour la meridiene, observant que les distances depuis le centre doivent être égales aux heures également éloignées de la soustylaire.

Si au lieu des arcs des signes on y marque les arcs diurnes, c'est-à-dire, la longueur des jours, on y pourra mettre aussi l'heure du lever & du coucher du soleil, en partageant la longueur du jour en deux également; car, par exemple, lorsque le jour est de 15 h. le soleil se couche à 7 h. & demie du soir, & se leve autant avant midi, c'est-à-dire, à 4 h. & demie du matin, & ainsi des autres.

Pour tracer les arcs des signes sur les cadrans équinoxiaux; comme, par exemple, sur le cadran de la figure 7 de la planche 27, prenez la longueur du style A D, & la portez sur l'axe du trigone de la figure 7 planche 29; du point O, jusqu'en *p*, tirez la ligne *p* N, parallele au rayon de l'équateur; elle coupera le tropique d'été & deux autres paralleles. Prenez avec un compas la distance du point *p*, jusqu'à l'intersection du tropique; portez cette ouverture au centre A du cadran, & tracez un cercle qui representera le tropique de ♋. Prenez de même les deux autres distances sur la parallele du trigone, pour en tracer deux autres cercles sur le cadran, dont l'un sera le parallele de ♊ & de ♌, & l'autre celui de ♉ & de ♍, que l'on peut tracer sur l'équinoxial superieur. Si c'étoit un inférieur, on y marqueroit les paralleles de ♏ & de ♓, celui de ♐ & de ♒, & celui de ♑, car à l'égard de ceux de ♈ & ♎, on ne peut les decrire sur les cadrans équinoxiaux, parce que quand le soleil est dans le plan de l'équateur, ses rayons rasent la surface de ces cadrans, & l'ombre de leur style est indéfinie; c'est pourquoi ils ne marquent pas l'heure en ce tems-là.

La ligne horisontale se trace de cette maniere: La longueur du style étant posée sur la ligne de 6 heures, de son extremité D, comme centre, tracez au-dessus, pour le superieur, l'arc E F égal à l'élevation du pole, comme ici, par exemple, de 49 d. tirez la ligne D F, qui coupera la meridiene au point H, par lequel vous tracerez la ligne horisontale parallele à celle de 6 h., comme on voit en la figure 7 planche 27.

Cette ligne sert à faire connoître le lever & le coucher du soleil au commencement de chaque signe; car, par exemple, comme elle coupe en


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. M.
Fig. N
Ce Costé est appliqué au Plan pour avoir la declinaison.
Ce costé est appliqué au plan pour avoir l'inclinaison au Zenith ou vers le Ciel.
Côté pour l'inclinaison au Nadir ou vers la terre
Inclinatoire
Declinatoire, et

ce cadran le tropique de cancer aux points de 4 h. du matin, & de 8 h. du soir, il s'ensuit que le soleil au jour du solstice d'été se leve à 4 h. du matin, & se couche à 8 h. du soir sur l'horison de Paris; & ainsi des autres.

Pour tracer les arcs des signes sur les cadrans polaires.

LE cadran étant construit, comme on le voit en la figure 6 de la planche 27, les rayons des heures ponctuées depuis le point D, centre du quart de cercle, & bout du style, jusqu'au rencontre de la ligne équinoxiale A B, portez ces distances l'une après l'autre sur le rayon *o* ♈, de l'équateur du trigone des signes, figure 7 de la planche 29, pour lui mener par ces points autant de perpendiculaires qu'il y a d'heures ponctuées, c'est-à-dire, une pour 12 h. & 5 autres pour 1, 2, 3, 4 & 5 h. lesquelles couperont les rayons des signes du trigone; prenez ensuite sur ces perpendiculaires la distance depuis le rayon de l'équateur du trigone jusqu'aux autres rayons des signes, & les transportez sur les lignes horaires du cadran, depuis l'équinoxiale A B de part & d'autre. Prenez, par exemple, sur le trigone l'espace 12 ♑, & le portez au cadran du point C, sur la ligne de 12 h. pour y marquer les points des tropiques. De même l'espace pris au trigone, sur la ligne 5 ♑ ou ♋, sera portée sur la ligne de 5 & de 7 h. du cadran de part & d'autre également depuis la ligne équinoxiale, & ainsi des autres signes dont vous tracerez les paralleles par des lignes courbes; savoir, les signes septentrionaux au-dessous de la ligne équinoxiale, & les meridionaux au-dessus. Nous n'avons tracé que les deux tropiques en la figure de ce cadran, pour ne pas l'embarasser.

Les arcs diurnes se tracent de la même maniere que les arcs des signes.

Pour tracer les arcs des signes sur les cadrans orientaux & occidentaux.

ILs se tracent à peu près de même que sur les cadrans polaires.

Soit, par exemple, la figure premiere de la planche 28me, qui represente un cadran occidental. Les rayons des heures étant ponctuez depuis le point E, centre du quart de cercle & longueur du style, jusqu'à la ligne équinoxiale C D, seront portez avec un compas au trigone de la figure 3, planche 29, depuis le point *a*, sur le rayon de l'équateur, pour y tracer autant de perpendiculaires qui couperont les rayons des signes; vous prendrez sur ces perpendiculaires les distances depuis le rayon de l'équateur jusqu'aux intersections des rayons des autres signes, & les reporterez sur les lignes horaires du cadran, de côté & d'autre de la ligne équinoxiale.

Prenez, par exemple, au trigone l'espace 6 ♋ ou ♑, & portez-le au cadran sur la ligne de 6 h. de part & d'autre du point D; faites-en de même pour les autres heures, & par les points que vous y aurez marquez, tracez les lignes courbes, qui representeront les paralleles des signes; savoir, les septentrionaux au-dessous de la ligne équinoxiale, & les meridionaux au-dessus.

Les arcs diurnes se tracent de la même façon.

Nous n'avons tracé que les deux tropiques sur ce cadran, pour ne pas embarasser la figure.

Construction d'un cadran horisontal avec les heures italiques, babyloniques, les almucantaraths & les meridiens.

APrès avoir marqué sur les cadrans, les heures astronomiques ou françoises, avec les arcs diurnes & ceux des signes, comme nous venons d'expliquer, on peut encore y representer plusieurs autres projections des cercles de la sphere, qui seront des choses curieuses & utiles, que l'extremité de l'ombre du style y marquera; comme sont les heures italienes & babylonienes, les azimuths, les almucantaraths, & les meridiens des principales villes de la terre.

Les heures italiques & babyloniques ont pour premiere ligne l'horison, comme les heures astronomiques ont pour commencement le meridien. Les italiens commencent à compter les heures lorsque le centre du soleil touche l'horison en se couchant, & les babyloniens lorsqu'il le touche en se levant.

La figure premiere de la planche 30me, represente un cadran horisontal, sur lequel on a tracé plusieurs cercles de la sphere, de la maniere que nous allons l'expliquer.

Methode generale pour tracer sur toutes sortes de cadrans les heures italienes & babylonienes.

XXX. Planche. Fig. 1.

LEs heures astronomiques étant tracées avec la ligne équinoxiale & un arc diurne ou un parallele du lever du soleil à telle heure qu'on voudra, comme, par exemple, à 4 h. qui est le même que le tropique d'été, pour 49 d. de latitude, vous trouverez par la methode que nous allons enseigner, deux points de chacune de ces lignes, un sur la ligne équinoxiale, & l'autre sur le parallele tracé, par le moyen desquels il sera facile de marquer ces lignes horaires, parce qu'étant les communes sections des grands cercles de la sphere avec le plan du cadran, elle s'y doivent representer en lignes droites.

Voulant donc tracer la premiere heure babylonique, considerez que le soleil étant dans l'équateur, il se leve à 6 h. & qu'à 7 il y a une heure qu'il est levé; d'où il s'ensuit que cette premiere heure doit passer par le point où la septiéme heure astronomique coupe l'équinoxiale. La seconde heure passera par l'intersection de 8 h. du matin; la troisiéme, par celle de 9, & ainsi de suite.

On s'est contenté de marquer les chiffres & les divisions des heures astronomiques ou françoises, sans tirer jusqu'au centre les lignes de ces heures, qui auroient trop embrouillé la figure du cadran; on pourra par le moyen d'une regle ou d'une soie tendue du centre par ces divisions, connoître la trace de ces lignes, & leur section avec l'équinoxiale.

Mais quand le soleil se leve à 4 h. le point de 5 h. sur le parallele de ♋, est celui de la premiere heure babylonique; le point de 6 est pour la seconde heure; celui de 7, pour la troisiéme, & ainsi des autres. Mettez donc une regle sur le point d'intersection de 5 h. au tropique de cancer, & sur le point d'intersection de 7 h. en l'équinoxiale, & par ces deux

points tracez la premiere heure babyloniene; continuant de même, vous trouverez que la 8me heure passera par le point de 12 heures astronomiques sur ce tropique, & que par celui de 2 heures après midi sur l'équinoxiale; & que la 15me heure passera par le point de 7 h. du soir sur ledit tropique, & par celui de 5 h. sur l'équinoxiale.

Il est facile de tracer toutes ces lignes horaires, lorsqu'on en a une, parce qu'elles se suivent toutes par ordre d'heure en heure astronomique sur le parallele & sur la ligne équinoxiale, comme il est aisé de voir par ladite figure.

Enfin le soleil se couche à 16 h. babyloniennes, lorsque le jour est de 16 h. il se couche à 12 h. pendant les équinoxes, & à 8 h., lorsque la nuit est de 16 h. puisqu'il se leve toujours à 24 h.

Il faut faire à peu près le même raisonnement pour marquer les heures italienes. On compte toujours 24 h. quand le soleil se couche; c'est pourquoi en été quand les nuits sont de 8 h., il se leve à 8 h. italiques; pendant les équinoxes il se leve à 12 h. & en hiver, quand les nuits sont de 16 h. il se leve à 16 h.; d'où s'ensuit que la 23me heure italiene doit passer par les points de 7 h. du soir au tropique d'été, de 5 h. sur l'équinoxiale, & de 3 h. sur le tropique d'hiver. Il suffit d'avoir deux de ces points pour la tracer. La 22me heure passe par les points de 6 h. du soir au tropique d'été, de 4 h. sur l'équinoxiale, & de 2 h. sur le tropique d'hiver. Continuant de même, on trouvera que la 18me heure passe par les points de 12 h. équinoxiales; c'est-à-dire, que pendant les équinoxes il est midi à 18 h., au lieu qu'au solstice d'été il est midi à 16 h. & pendant le solstice d'hiver à 20 h. dans les pays qui ont 49 degrez de latitude, comme on voit dans les tables ci-après.

Tables pour trouver les heures babyloniques & italiques.

Heures babyloniques	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
passent ♋	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
en l'arc ♈ par	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
de ♑	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.

Heures italiques.	23.	22.	21.	20.	19.	18.	17.	16.	15.	14.	13.	12.	11.	10.	9.	8.
passent ♋	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.
en l'arc ♈ par	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.
de ♑	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.

Par les heures italienes on voit dans combien de tems le soleil se doit coucher, en ôtant l'heure presente du nombre 24; & par les heures babyloniennes on voit combien il y a de tems qu'il est levé.

Maniere de tracer les almucantaraths & les azimuths.

XXX. Planche. Fig. 1.

Les almucantaraths, ou cercles de hauteur, se representent sur l'horisontal par des cercles concentriques, decrits du pied du style; & les azimuths par des lignes droites qui aboutissent au même pied du style B, lequel represente le zénith, & qui est le centre commun de tous les almucantaraths.

C'est pourquoi il n'y a qu'à diviser en degrez la meridiene B XII, du bout du style C, comme centre. Les tangentes des arcs seront les demi-diametres des almucantaraths qui se termineront aux deux tropiques. Pour avoir ces tangentes on peut se servir d'un quart de cercle divisé comme celui de la figure 2. Pour cet effet portez la longueur du style C B de A en H, & tirez la ligne HI, sur laquelle vous prendrez avec un compas les distances, & les porterez sur la ligne B XII, en sorte que le 90me degré réponde au point B. Mais comme ce cadran est fait pour 49 d. de latitude, & que par consequent le soleil ne peut s'élever sur cet horison que de 64 d. 30 m. il suffira de marquer cette plus grande hauteur du soleil, qui se terminera au tropique d'été.

Ensuite si l'on divise un de ces cercles de hauteur de 10 en 10 d., en commençant depuis la meridiene B XII, qui est le 90me azimuth, & que par ces points de division on tire au pied du style B autant de lignes droites, on aura la representation des azimuths ou cercles verticaux. Nous ne les avons point marquez sur ce cadran pour éviter la confusion, mais il est facile de les concevoir.

Par les almucantaraths on connoît en toute heure la hauteur du soleil sur l'horison; & par les azimuths on connoît en quel azimuth ou cercle vertical il se trouve; cela se voit en remarquant l'endroit où l'extremité de l'ombre du style droit donne sur le cercle de hauteur & sur la ligne de l'azimuth.

Methode pour marquer les meridiens ou cercles de longitude terrestre, sur le cadran horisontal.

Fig. 2.

Du point D, centre diviseur de la ligne équinoxiale, tracez une circonference de cercle & la divisez en 360 parties égales ou degrez, ou seulement en 36 parties pour y marquer les degrez de 10 en 10. De la ligne de midi, qui represente le meridien du lieu pour lequel est construit le cadran, comme, par exemple, de Paris, comptez vers occident 20 d. pour sa longitude ou distance du premier meridien qui passe par le point G; sur lequel ayant écrit 360 d. vous prolongerez la ligne G D jusqu'en E, sur l'équinoxiale; ensuite du centre A, & par E tracez le premier meridien qui est l'île de Fer, & ainsi des autres; mais il vous sera plus facile en marquant d'occident vers orient les meridiens ou cercles de longitude de 5 en 5 d. ou de 10 en 10, & y placerez les principales villes dont les longitudes vous sont connues; comme, par exemple, Rome, à 10 d. 20 m. plus orientale que Paris, Vienne en Autriche, à 14 d. 32 m. plus orientale que ladite ville de Paris, & ainsi des autres villes considerables dont vous connoîtrez la difference des meridiens à celui de Paris, par le moyen d'un bon globe

ou par une bonne carte de géographie, construite sur les observations exactes de Messieurs de l'Academie Royale des Sciences.

Son usage est, qu'à tout-moment que le soleil luira sur votre cadran, vous connoîtrez non seulement quand il est midi, mais encore quelle heure il est en tous les lieux marquez sur les meridiens, en ajoutant à l'heure de Paris, pour lequel est fait ce cadran, autant d'heures qu'il y a de fois 15 d. de difference, & 4 m. d'heure pour chaque degré, les adjoutant, dis-je, aux lieux plus orientaux entre la meridiene du cadran, & celle du lieu proposé, & au contraire les ôtant pour les lieux plus occidentaux.

Par exemple, quand ce cadran marquera midi à Paris, il sera près d'une heure après midi à Vienne en Autriche, puisque cette ville est plus orientale que Paris de 14 d. 32 m. & par consequent reçoit la lumiere du soleil plutôt que Paris.

Il sera 41 m. 20 sec. après midi à Rome, puisqu'elle est 10 d. 20 m. à l'orient de Paris: & il sera 10 h. 2 m. du matin à Paris, lorsqu'il sera midi à Petersbourg ville de Moscovie; & reciproquement lorsqu'il sera midi à Paris, il sera une heure 58 m. après midi à Petersbourg qui est plus orientale de 29 d. 30 m. Pareillement on voit que quand il est midi à Petersbourg, il est en même tems une heure 24 m. à Ispaham, ville plus orientale de 21 d. que Petersbourg, & qu'au même instant il est aussi 10 h. 43 m. 20 sec. du matin à Rome, qui est plus occidentale de 19 d. 10 m. que la même ville de Petersbourg. Il en est de même des villes plus occidentales que Paris; par exemple, quand un cadran marque midi à Paris, on voit qu'il est neuf heures & demie du matin à Olinde dans le Bresil, qui est plus occidentale de 37 d. 30 m., & reciproquement qu'il est midi à Olinde lorsqu'il est deux heures & demie après midi à Paris; & ainsi des autres villes qui seront à l'orient ou à l'occident d'Olinde, qui auront le midi plutôt ou plutard que cette ville.

Ces lignes de longitude sont tirées du centre du cadran comme les lignes horaires par les degrez requis de l'équinoxiale, chacune d'elles represente le meridien du lieu qui lui est attribué, dont le nom est écrit à côté avec sa longitude comptée comme les heures de 15 en 15 degrez depuis la ligne de midi du lieu pour lequel a été fait le cadran vers la gauche sur les heures du soir, si les lieux sont plus occidentaux; vers la droite sur les heures du matin, s'ils sont plus orientaux: & tous ces meridiens divers se marqueront comme les heures par l'ombre de l'axe ou du style, ensorte que quand elle donnera sur quelqu'une de ces villes, c'est une marque qu'il y est midi.

CHAPITRE IV.

Contenant la construction & les usages des instrumens propres à tracer les cadrans sur differens plans.

LA figure 2 de la planche 30me, est un quart de cercle divisé en ses 90 d. sa grandeur est à volonté. Il se fait sur une plaque de cuivre ou d'autre matiere solide.

Il peut servir à trouver la longueur des tangentes, & par ce moyen à Fig. 2.

diviser en degrez une ligne droite, comme nous avons fait sur la meridiene du cadran horisontal, figure 1 de cette même planche, pour y marquer les rayons des almucantaraths ou cercles de hauteur.

On y peut pareillement trouver les divisions des heures sur la ligne équinoxiale des cadrans reguliers, & même des cadrans déclinans, dont la soustylaire se rencontre sur une heure complete, en portant du centre A jusqu'en H ou en L, la longueur du rayon de l'équateur, & tirant une ligne droite comme H I ou L M, parallele au rayon exterieur du quart de cercle A C; car, par exemple, la distance L 1 h. ou 11 h. qui répond à 15 d. de la division du quart de cercle, sera la tangente de la premiere heure comptée depuis la meridiene ou soustylaire du cadran; c'est pourquoi étant portée sur la ligne équinoxiale, dont je suppose que A L est le rayon, elle y déterminera le point par où doit passer cette ligne horaire. L 2, qui répond à 30 d. de la circonference du quart de cercle, sera la tangente de la seconde heure. L 3, qui répond à 45 d. sera la tangente de la troisiéme heure, & ainsi des autres; & par ce moyen on a déja 3 h. de suite de chaque côté de la meridiene ou soustylaire; ce qui fait en tout six espaces d'heures de suite, & qui peut suffire pour trouver toutes les autres lignes horaires du cadran, en suivant la methode que nous avons expliquée ci-devant, en parlant des cadrans déclinans, & qui peut s'appliquer de même à tous les cadrans reguliers, comme est un horisontal, sur lequel ayant six intervalles d'heures de suite, comme seroit, par exemple, depuis 9 du matin, jusqu'à 3 h. après midi; on pourra par cette même methode trouver toutes les autres heures du cadran, comme les heures de 7 & 8 h. du matin, 4 & 5 h. du soir, que l'on a quelquefois peine à marquer sur la ligne équinoxiale du cadran, principalement les points de 5 & de 7 h. à cause de la longueur de leurs tangentes.

Les lignes horaires trouvées par cette methode, que nous ne repeterons pas ici, pourront servir à en trouver d'autres, & celles qui sont trouvées étant prolongées au-delà du centre donneront leurs opposées.

Ce même quart de cercle peut encore servir de cadran portatif, parce que les heures s'y peuvent tracer par le moyen d'une table des hauteurs du soleil sur l'horison du lieu pour lequel on veut le construire, comme nous l'expliquerons au chapitre suivant.

Construction de l'horisontal mobile.

Fig. 5. CEt instrument est composé de deux plaques de cuivre ou autre matiere solide, bien droites & bien unies, appliquées l'une sur l'autre, & jointes ensemble par le moyen d'un clou rond mis au centre A. La piéce de dessous est quarrée, ayant 5 à 6 pouces de chaque côté; elle est divisée en deux fois 90 d. pour servir à connoître la déclinaison des plans. La piece de dessus est ronde avec un petit index joint à la ligne de midi, qui marque sur le degré la déclinaison des plans; elle est environ de 4 lignes plus petite de chaque côté que la plaque quarrée qui est dessous.

Il y a un cadran horisontal tracé du centre A, sur la platine supérieure pour l'élevation du pole du lieu où l'on veut s'en servir. Le style triangulaire B est ajusté de maniere que son angle de l'élevation du pole du lieu, aboutisse au centre où l'on fait un petit trou pour y passer une soie. On y

joint une bouſſole D, avec ſon éguille aimantée, couverte d'un verre pour la garantir des injures du tems, & dans le fond de la bouſſole on trace une ligne qui marque la déclinaiſon de l'aiman. Je fais auſſi de ces inſtrumens qui peuvent ſervir pour differentes élevations de pole, alors il faut que l'axe hauſſe & baiſſe, & je trace differens cadrans comme il ſe verra en la planche ci-après.

Uſage du cadran horiſontal mobile.

CEt inſtrument ſert à tracer des cadrans au ſoleil ſur toute ſorte de plans, de telle ſituation qu'ils puiſſent être, comme déclinans, inclinez, ou l'un & l'autre tout enſemble, en la maniere qui ſuit.

Tracez ſur le plan propoſé une ligne horiſontale ou de niveau, & mettez le long de cette ligne, le côté du quadre où eſt écrit, *côté appliqué au mur*. Tournez le cadran horiſontal tant que l'éguille aimantée s'arrête ſur ſa ligne de déclinaiſon; étendez la ſoie au long de l'axe, juſqu'à ce qu'elle rencontre le plan en un point qui ſera le centre du cadran. Etendez enſuite la ſoie ſur toutes les lignes horaires que le plan pourra recevoir, & marquez autant de points ſur la ligne horiſontale ou de niveau, par leſquels vous conduirez du centre les lignes des heures, y marquant les mêmes chifres qu'à celles du cadran horiſontal. Si le cadran eſt vertical, ſans inclinaiſon, la ligne de 12 h. ſera perpendiculaire ſur la ligne horiſontale du plan, en la faiſant tomber du centre du cadran par le moyen d'un fil avec ſon plomb.

La ſouſtylaire ſe tracera par le centre & par un point de l'angle droit d'un côté d'équerre mis ſur la ligne de niveau, l'autre côté touchant l'axe. Cette diſtance du côté de l'équerre poſée au mur juſqu'à l'axe, eſt la longueur du ſtyle droit, lequel étant couché au même lieu à angles droits ſur la ſouſtylaire, vous tirerez du centre par ſon extremité l'axe, que vous formerez ſur le plan par le moyen d'une verge de fer, parallele à la ſituation de la ſoie étendue le long de l'axe du cadran horiſontal, & ſoutenue par quelque appui planté dans le mur perpendiculairement à la ſouſtylaire.

Si l'on ne vouloit qu'un ſtyle droit, on choiſira ſur la ſouſtylaire un point éloigné du centre à proportion de la grandeur du cadran, pour y planter une verge de fer perpendiculaire; mais il faut que ſa pointe ne paſſe pas la ſoie tendue le long de l'axe.

Enfin vous donnerez à votre cadran telle figure que vous jugerez à propos, & prolongerez les lignes horaires autant qu'il ſera beſoin, ſuivant la grandeur de votre plan.

On peut éloigner l'inſtrument du mur pour y tracer de grands cadrans, mais il faut qu'il ſoit toujours poſé bien parallelement & de niveau.

Pour les cadrans ſeptentrionaux, ayant trouvé la déclinaiſon du plan, comme, par exemple, de 45 d. du ſeptentrion à l'occident, placez l'index du cadran ſur la déclinaiſon oppoſée, c'eſt-à-dire, du midi à l'orient; renverſez enſuite l'inſtrument ſens deſſus deſſous; étendez la ſoie le long de l'axe pour avoir le centre en bas au-deſſous de la ligne horiſontale, ſur laquelle ayant marqué les points des heures, vous les prolongerez juſqu'au centre, & ferez le reſte comme nous venons de dire; la ligne de midi ſera celle de minuit.

On se sert encore fort utilement de ce cadran horisontal pour en tracer sur toute sorte de surfaces regulieres ou irregulieres, même pendant la nuit en très peu de tems à la lumiere d'un flambeau, comme nous dirons ci-après en parlant du sciatere du P. Pardies, & on applique à ces cadrans les arcs des signes ou bien les arcs diurnes de la maniere que nous l'enseignerons dans l'usage du sciatere suivant, par le moyen d'un trigone qu'on appelle gyrouette, dont le centre repond au bout du style droit sur l'axe du cadran.

On peut éviter les defauts que la courbure d'une soie, quelque bien tendue qu'on la suppose, causera toujours dans les cadrans tracez ou par l'horisontal mobile, ou par quelque sciatere que ce soit; servez vous donc de la methode que je vous propose. Faites un cadran horisontal par le calcul de la trigonometrie pour le lieu où vous êtes: que ce cadran soit tracé sur un plan uni & spacieux: supposons que le cadran de la fig. 4, pl. 27 soit tel que je dis. Prenez la déclinaison du mur où vous souhaitez en tracer un; je la suppose de 45 d. du midi à l'occident, comme figure 2, planche 28. Faites sur le cadran horisontal le quart de cercle M B H, à volonté du point B, pris sur la ligne de midi, vers le centre du cadran. Comptez de M, parallele à l'équinoxiale vers H, les 45 d. de déclinaison du côté des heures d'après midi, si la déclinaison est à l'occident, & du côté de celles du matin, si elle est à l'orient: tirez la ligne B 3 du point B par le point de 45 d. assez longue de part & d'autre de B pour couper toutes les lignes horaires qui ne lui sont point paralleles. Ensuite faites sur le mur proposé une ligne à plomb, comme A B figure 2, planche 28 & la ligne de niveau D C; le point d'intersection E de ces deux lignes sur le mur, répond à celui B sur le cadran horisontal; c'est pourquoi en transportant la ligne B 3 du cadran horisontal avec les divisions que les lignes horaires y marquent sur la ligne D C sur le mur, observant de faire convenir le point B de l'horisontal avec celui E sur le mur, & mettant les points des heures du matin à gauche sur le mur, & celles du soir à droite, on aura sur la ligne D C, tous les points des heures. On transportera cette ligne B 3 ou bien avec le compas en prenant successivement toutes les intersections que les lignes horaires du cadran horisontal y font, ou bien en appliquant une regle sur cette ligne B 3 & marquant dessus tous les points d'intersection & le chifre des heures; alors vous porterez cette regle ainsi divisée sur la ligne D C du mur, observant de mettre le point de 12 h. sur le point E marqué sur le mur par l'intersection de deux lignes à plomb & de niveau.

Pour marquer le centre du cadran sur le mur, prenez sur le cadran horisontal la distance de B en P, où l'axe de ce cadran couperoit une ligne parallele à K L qui passeroit par B, & portez cette distance sur le mur de E en A sur la ligne de midi vers le haut, si le cadran ne décline pas du septentrion. Ce point A sera le centre du cadran, duquel par les points des heures marquez sur D C vous tirerez ces heures aussi loin qu'il vous plaira. Tirez sur le cadran horisontal du centre E sur la ligne de déclinaison B 3 une perpendiculaire, & prenez la distance du point où elle y tombera jusqu'au point B; portez cette distance sur le mur de E vers C ou D, selon qu'il conviendra par rapport à la déclinaison à l'orient ou à l'occident comme ici en H, vous aurez le pied du style droit, & la distance sur le cadran horisontal du centre E au point où la ligne B 3 est coupée par sa perpendiculaire,

est

eſt la longueur du ſtyle droit HI ou d'une verge élevée ſur le mur au point H, non toujours perpendiculairement au mur ; mais parallelement à l'horiſon. Si vous appuyez ſur le bout du ſtyle une verge de fer droite qui aille toucher le mur au point A, cette verge ſera l'axe du cadran qui marquera l'heure par toute ſa longueur.

Si le mur n'étoit pas droit mais gauchi, convexe ou concave, comme on voit des ſurfaces de tour ou de grandes niches ; il faudroit y appliquer une regle, en prendre la déclinaiſon, & ſur cette regle decrire les contours du mur, rapporter le tout ſur & au long de la ligne de déclinaiſon B 3, le reſte s'acheveroit comme on vient de dire : il eſt à remarquer cependant que toutes les lignes horaires hors celle de midi ne ſeroient point droites, c'eſt pourquoi on aura ſoin d'appliquer une regle ſur le bout du ſtyle & ſur le centre du cadran, alors on borneyera le long de cette ligne par chaque point d'heure marquez ſur la ligne de niveau, & on ſuivra ce qu'on aura bornoyé avec un trait leger de crayon, ou bien on éclairera pendant la nuit cet axe du cadran, de ſorte que ſon ombre paſſera ſucceſſivement ſur chaque point d'heure marqué ; & on ſuivra l'ombre de cet axe avec un crayon juſqu'au centre d'un bout à l'autre du cadran pour avoir les lignes des heures à meſure qu'on les lui fera marquer.

On ſuppoſe que toutes ces ſurfaces ſur leſquelles on veut decrire des cadrans ſont perpendiculaires à l'horiſon, car ſi elles y étoient inclinées ou ſi elles en déclinoient on aura bien plutôt fait de ſe ſervir d'un ſciatere, quel qu'il ſoit le cadran ſeroit toujours plus juſte que par la regle & par le compas, &c. Auſſi ne trace-t-on pas ces ſortes de cadrans pour la préciſion mais par curioſité.

Conſtruction du ſciatere.

Fig. 4.

L'Inſtrument repreſenté par la figure 4, ſe nomme ſciatere. Il eſt compoſé d'un cercle équinoxial A, fait de cuivre ou de quelque autre matiere ſolide, monté ſur un quart de cercle B. Le point de midi de l'équinoxial eſt attaché à un des bouts du quart de cercle, & une petite broche d'acier ronde d'une à deux lignes de diametre, qui ſert d'axe & paſſe par le centre de l'équinoxial, tient à l'autre extremité du quart de cercle, de telle ſorte que l'équinoxial & le quart de cercle ſont fixement attachez enſemble à angles droits. Le quart de cercle eſt diviſé en 90 d. & le cercle équinoxial en heures & demi heures par les methodes expliquées ci-devant. La piece G eſt d'une épaiſſeur convenable pour contenir par le haut une couliſſe qui entre des deux côtez dans une rainure qui eſt au bord extérieur du quart de cercle, pour hauſſer ou baiſſer l'équinoxial ſuivant la hauteur du pole. La petite boule eſt attachée au bout d'une ſoie, arrêtée ſur l'inſtrument par ſon autre bout au haut d'une ligne perpendiculaire qui y eſt tracée, & pendant librement le long de cette ligne ; elle ſert pour placer la machine à plomb, par le moyen du genou H, qui tient à la piece G, ſervant à tourner l'inſtrument en tout ſens. Le genou eſt rivé à une branche, dont le bout eſt d'acier, que l'on enfonce dans le mur pour tenir ferme toute la machine, quand on veut la mettre en uſage.

Le trigone des ſignes D, eſt paſſé dans l'axe, & tourne autour du cadran par le moyen d'une virolle. Il y a une ſoie attachée au ſommet du trigone, & une autre au centre du cadran. On ne place le trigone que quand on veut tracer les arcs des ſignes ſur les cadrans.

Usage du sciatere.

IL faut d'abord enfoncer dans le mur la pointe d'acier attachée au pied de l'instrument, à l'endroit où l'on veut faire un cadran, & mettre le degré de l'élevation du pole du lieu compté sur le quart de cercle, vis-à-vis d'un trait à plomb marqué sur la coulisse, c'est-à-dire, vis-à-vis la ligne perpendiculaire, dont nous venons de parler.

Il faut aussi avoir une boussole quarrée, que vous poserez au long du plan du quart de cercle, & vous tournerez la machine jusqu'à ce que l'éguille aimantée soit arrêté justement sur la ligne de déclinaison, ou bien sans boussole, si le soleil luit, & que vous sachiez l'heure qu'il est, tournez la machine de sorte que l'axe qui traverse l'équinoxial, marque précisement l'heure sur le cercle des heures. L'instrument étant ainsi disposé, étendez la soie E, qui part du centre, tout le long de l'axe jusqu'à la rencontre du plan proposé, pour y marquer un point qui sera le centre du cadran; puis rasant les heures l'une après l'autre avec la même soie, prolongée jusqu'au mur, marquez-y autant de points que vous pourrez, & par ces points, tracez les lignes horaires jusqu'au centre du cadran, où elles se doivent rencontrer. Donnez telle figure qu'il vous plaira à ce cadran, & placez-y les mêmes chifres que ceux des heures de l'équinoxial.

Le style se posera de la maniere qui vient d'être expliquée en parlant de l'horisontal mobile.

Pour tracer les arcs des signes ou les arcs diurnes, faites entrer l'axe dans la virolle qui est à l'extremité du trigone, que vous ferez tourner sur toutes les heures, en l'arrêtant avec la vis l'une après l'autre, puis étendant la soie F le long des lignes qui appartiennent à chaque signe pour marquer autant de points sur chaque ligne horaire du mur; ensuite vous tracerez des lignes courbes de points en points, qui formeront les arcs des signes, & y marquerez les caracteres convenables.

On peut encore tracer les arcs des signes de cette maniere : l'axe du cadran étant bien affermi, choisissez un point sur ledit axe pour l'extremité du style droit, qui represente le centre de la terre; faites entrer cet axe dans la virolle de votre trigone, en sorte que le point choisi pour l'extremité du style droit convienne exactement avec le sommet du trigone qui represente le centre de l'équateur & du monde, & ayant arrêté le trigone par le moyen de la vis qui pressera sur l'axe, faites-le tourner de sorte qu'un de ces plans (car ils doivent être marquez également) se trouve exactement sur les lignes horaires; étendez la soie F le long des rayons des signes du trigone, & marquez autant de points sur chaque ligne horaire l'une après l'autre; joignez ces points par des lignes courbes qui representeront les arcs des signes. Enfin vous mettrez un bouton ou un petit soleil à ce point de l'axe, lequel par son ombre marquera sur le cadran les paralleles des signes ou des arcs diurnes, pendant que l'axe entier fera ombre sur les lignes des heures.

S'il s'agit de tracer un cadran septentrional, faites la même chose, excepté que l'operation se fera en dessous, afin que le centre soit en bas, & retranchez les heures qui sont à supprimer.

On fait les mêmes operations pour tracer les cadrans sur les plans inclinez & déclinans.

Construction du sciatere du P. Paradies.

CEt instrument est de l'invention du P. Pardies Jesuite. Il se fait de cuivre ou autre matiere solide, d'une grandeur arbitraire. Il est composé de quatre principales pieces; la premiere est une plaque quarrée bien dressée, marquée D, qu'on nomme plan horisontal, parce que dans l'usage il doit être mis horisontalement ou à niveau. Fig. 51

Au milieu de ce plan il y a un trou rond, dans lequel est un pivot à l'endroit marqué E, sur lequel doit tourner le seconde piece, que l'on nomme plan meridional, de sorte qu'il demeure toujours à angles droits avec le plan horisontal. Au côté & sur l'épaisseur du plan meridional il y a un plomb suspendu en C, qui sert à placer l'instrument de niveau. Le haut de cette piece est taillé en quart de cercle concave, qui se divise en 90 d. commençant à la perpendiculaire qui répond au milieu du pivot. Cette piece est fendue par le milieu de son épaisseur pour recevoir la troisiéme piece, qui est un demi-cercle, autour duquel on a reservé une partie excedente, pour entrer dans la fente du quart de cercle, & qui par ce moyen s'engage dans le quart de cercle, avec lequel il fait un même plan meridional, de maniere qu'il peut tourner, en s'inclinant ou se dressant tant que l'on veut, selon les differentes élevations de pole. Le diametre de ce demi-cercle s'appelle l'axe, & son centre s'appelle simplement le centre de l'instrument, comme le filet qui en sort s'appelle le filet du centre.

La quatriéme piece marquée A, est un cercle de même matiere, bien dressé & de bien égale épaisseur; il est divisé en 24 parties égales de côté & d'autre pour les 24 h. du jour, dont chacune se peut subdiviser en deux ou en quatre, comme étant un cadran équinoxial. Ce cercle est tellement engagé avec le demi-cercle par des entailles faites à moitié dans l'un & moitié dans l'autre, qu'il fait toujours avec lui des angles droits en toutes ses differentes situations; l'une des faces de ce cercle se nomme supérieure, & l'autre inferieure.

On trace de part & d'autre sur le demi-cercle le trigone des signes, dont le sommet est le point A, extremité du diametre du cercle équinoxial, de la maniere que nous avons ci-devant expliquée. En marquant sur les rayons les caracteres des signes, & divisant par la même méthode chaque espace en trois, on y pourra graver les premieres lettres des mois dans les places qui leur conviennent à peu près, en supposant que l'entrée du soleil en chaque signe se fait le 20me jour des mois. On en met 6 sur le côté oriental, & 6 sur l'occidental, car chaque ligne est toujours pour deux signes. Le tropique de l'écrevisse se marque en bas, & celui du capricorne en haut, de même que sur les cadrans verticaux. Nous ne parlons pas de la maniere de tracer les heures, les degrez, ni les signes, étant la même que nous avons expliquée ci-devant.

Usage de cette machine.

APrès avoir mis les points de *aries* & *libra* du demi-cercle & le plan du cercle équinoxial sur le degré de l'élevation du pole du pays où l'on veut faire le cadran, placez la machine sur un plan stable & hori-

fontal, vis-à-vis du mur ou autre surface preparée pour y tracer un cadran.

Tournez-la de sorte que l'ombre du bord du cercle équinoxial rencontre sur l'axe le jour du mois ou le degré du signe où est pour lors le soleil ; cela étant, l'ombre du diametre du demi-cercle qui sert d'axe, marquera l'heure presente, & toute la machine sera bien située. Le plan meridional répondra au meridien du ciel ; le cercle équinoxial sera parallele à l'équateur celeste, & l'axe du cadran à l'axe du monde.

Tendez la soie qui part du centre le long de l'axe jusqu'au rencontre du mur, soit en haut vers le pole arctique, soit en bas vers l'antarctique. Le point où le filet rencontrera le mur sera le centre du cadran. Ce filet ainsi tendu marquera la position du style ou axe ; car si l'on met une verge de fer au même endroit & dans la même situation, l'heure sera marquée par une ombre étendue, étant causée par la longueur de la verge. Si on ne veut mettre qu'un style droit, il n'y aura qu'à planter une verge dans le mur, dont le bout vienne toucher la soie tendue au long de l'axe. On peut donner à cette verge la figure que l'on voudra, comme d'un serpent ou d'un oiseau, pourvû que l'extremité de son bec rencontre ladite soie ; & de cette maniere l'heure ne sera marquée que par l'ombre de l'extremité du style.

Pour marquer les heures, étendez le filet du centre sur le plan du cercle équinoxial, tout au long des lignes horaires, l'une après l'autre, jusqu'au rencontre du mur, & marquez-y autant de points ; tirez ensuite des lignes du centre par ces points, & vous aurez les lignes des heures.

On pourroit encore marquer les heures pendant la nuit par la lumiere d'un flambeau ou d'une bougie. Le filet du centre étant étendu au long de l'axe & attaché au mur, tournez le flambeau de sorte que l'ombre de l'axe marque l'heure sur le cercle équinoxial ; alors l'ombre du même axe ou du filet tendu marquera sur le mur la même heure, & il ne faut que passer le crayon tout le long de cet ombre pour marquer la ligne horaire. Changez ensuite le flambeau de place, afin que l'ombre du filet marque une autre heure que vous tracerez de même, & ainsi de toutes les autres. Cette maniere est très-bonne, particulierement lorsque le plan n'est pas plat & uni, comme seroit la surface convexe d'une tour ou la concavité d'une niche, ou que le centre du cadran est trop éloigné.

Il est à remarquer que l'ombre de l'axe marque les heures sur le cadran supérieur, depuis le 21 de Mars jusqu'au 23 de Septembre, & sur l'inférieur pendant les autres six mois. Il faut toujours que la surface du cercle dont on se doit servir, soit la supérieure soit l'inférieure, rase & touche le centre du demi-cercle sans le couvrir.

CHAPITRE V.

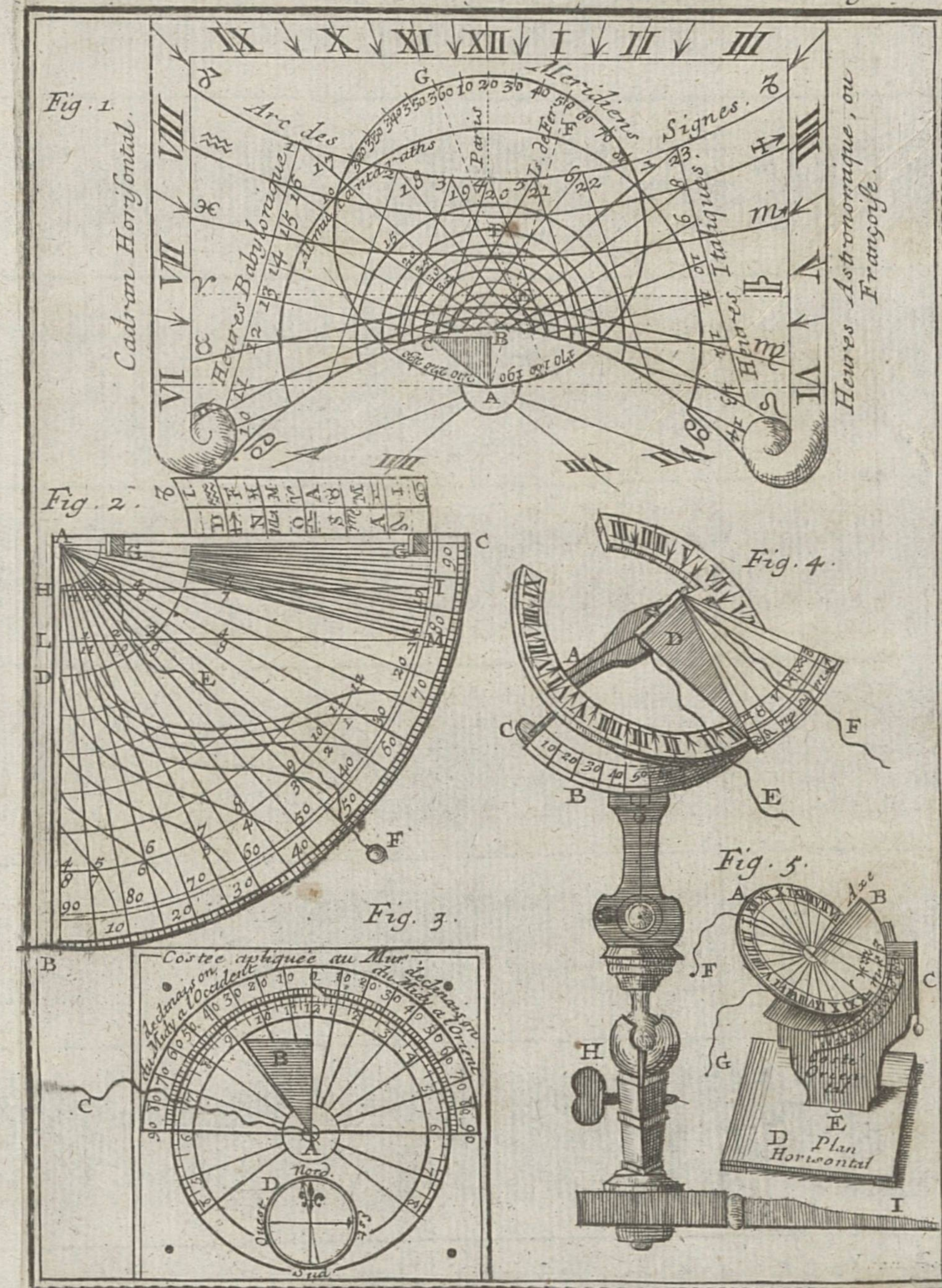
De la construction & des usages des cadrans portatifs & autres.

Construction du globe.

XXXI. Planche. Fig. 1.

CEtte figure represente un globe sur lequel sont tracez les meridiens ou cercles horaires. On en fait de differentes grandeurs ; les grands sont

Planche Trentieme



exposez dans les jardins, & se font de pierre ou de bois peint en huile; les petits se font de cuivre avec une boussole, & peuvent être mis au rang des cadrans portatifs.

Pour bien arrondir une boule, de quelque matiere que ce puisse être, il faut la mettre sur le tour, & la tourner sur plusieurs centres; c'est-à-dire, que l'ayant mise sur un mandrin quarré on la tourne sur un sens, ensuite on change le mandrin & on l'applique à l'autre diametre pour la tourner sur l'autre sens, & repetant cela deux ou trois fois, on aura une boule parfaite, que l'on pourra examiner avec un compas spherique.

Les grosses boules de pierre qu'on ne peut mettre sur le tour à cause de leur poids se font ainsi. Après les avoir dégrossi au ciseau ayez un demi-cercle concave de bois ou de cuivre de même diametre que la boule proposée à tailler; faites tourner le demi-cercle tout autour de la boule, & ôtez avec une râpe tout ce qu'il y a de superflu, jusqu'à ce que le demi-cercle joigne par tout & en tout sens; & ensuite on l'adoucira avec de la ponce ou chien-de-mer, &c.

Le globe étant ainsi bien arrondi & bien uni, il en faut prendre le diametre avec un compas spherique, c'est-à-dire, qui ait les pointes courbes, l'ouvrant jusqu'à ce qu'il embrasse exactement la plus grande grosseur du globe, & vous aurez son diametre representé par la ligne A B, qui est divisée en deux parties égales par le point d'intersection E, de la ligne verticale Z N, dont le point supérieur Z représente le zénith, & le point inférieur N le nadir. Ouvrez le compas spherique, arrêtez une de ses pointes en E, étendez l'autre jusqu'en A, & de cette ouverture tracez le cercle meridien A Z B N, tracez de même du point Z, comme centre, le cercle A E B, qui represente l'horison: du point B, comptez vers C, sur le meridien la hauteur du pole, comme ici de 49 d.: du même point B, comptez au-dessous de l'horison & sur le meridien les degrez du complement de l'élevation du pole, qui est ici 41 d. afin d'y tracer l'équateur, en mettant une pointe du compas spherique sur un des poles C ou D, comme centre, & l'autre sur le 90me d. du meridien.

Mettez pareillement une des pointes du compas spherique sur le 90me d. du méridien où il est coupé par l'équateur, & de la même ouverture tracez le cercle de 6 h. passant par les poles C & D; par ce moyen l'équateur se trouvera partagé en quatre parties égales par le meridien, & le cercle de 6 h. Divisez ensuite chacune de ces parties en 6, pour avoir les 24 h. du jour naturel, & par chacun de ces points de division, comme centre, tenant le compas toujours ouvert d'un quart de cercle, vous tracerez les cercles horaires passans tous par les poles du monde. Si vous voulez les demi-heures ou les quarts, vous partagerez chaque espace en deux ou en quatre. Les chifres des heures se gravent autour de l'équateur, 12 h. au point E, 6 h. sur le meridien dessus & dessous, & les autres de suite en deux fois 12.

Pour y marquer les paralleles des signes, comptez depuis l'équateur sur le meridien, de part & d'autre, la déclinaison de chaque signe, suivant la table marquée ci-devant, comme pour les deux tropiques, comptez depuis l'équateur 23 d. 30 m. & des poles C & D, decrivez leurs cercles autour du globe. Pour les deux cercles polaires, vous les tracerez à la distance de 23 d. 30 m. des poles, ou 66 d. 30 m. de l'équateur.

Le globe ainsi préparé doit être placé sur un pied proportionné à sa grosseur dans un trou fait au nadir marqué N, éloigné du pole, du complément de son élevation; c'est-à-dire, en cet exemple de 41 d. arrêté fixement & orienté conformement à la sphere du monde, dans le lieu du jardin où le soleil luit plus long-tems. On peut faire aussi autour du pied de ce globe, qui sera de grosseur convenable un cylindre, dont toutes les lignes des paralleles des signes & même des heures, hors celle de midi, sont des courbes; on y voit l'heure par l'intersection de l'ombre du cylindre avec le parallele convenable; ou bien un cercle de cuivre ou de fer qui environne le haut de ce cylindre à distance requise sert de style, & marque l'heure par l'intersection de son ombre avec celle du cylindre, & encore avec le parallele convenable du signe. Le P. Quenec Benedictin en a fait un en marbre qu'il a placé dans le jardin de l'abbaye de saint Germain des Prez à Paris: c'est un ouvrage des plus curieux, nous n'en donnons point ici la construction par ce qu'elle se trouve dans le second volume des recreations mathematiques de M[r] Ozanam.

Si c'est un petit globe portatif, on place sur son pied une petite boussole pour l'orienter toutes les fois qu'on voudra s'en servir pour voir l'heure, que l'on y connoît sans style, par l'ombre du globe même, car l'ombre ou la lumiere occupe toujours la moitié de sa convexité, tant que le soleil l'éclaire, comme si c'étoit le globe de la terre; & ainsi la ligne de leur separation, étant une circonférence de grand cercle, marque l'heure en deux endroits diametralement opposez. L'on pourroit orienter ce globe sans boussole par le moyen des cercles decrits du pole arctique dans l'enceinte du cercle polaire voisin, par les degrez de la déclinaison du soleil, selon laquelle seroit divisé cet espace; car le tenant suspendu par le zenith, & l'exposant au soleil jusqu'à ce que le bord de l'ombre du globe, qui est un grand cercle, touche exactement le petit cercle deputé à la déclinaison courante du soleil, pour lors cette ombre que l'on peut appeller également le bord de l'illumination marquera l'heure. Si de plus, on dessinoit sur le globe les differens pays qui sont sur la surface de la terre, avec les principales villes, suivant leur longitude & latitude, on y verroit à chaque moment, par la moitié illuminée du globe, quels sont les endroits de la terre qui sont éclairez du soleil, & quels sont ceux qui sont dans l'obscurité. L'extremité de l'ombre feroit connoître les pays ou le soleil se leve ou se couche, ceux qui ont les longs jours & ceux qui ont les longues nuits; on y distingueroit vers les poles les endroits qui ont une nuit perpetuelle, & ceux qui ont le jour sans interruption. Le tout est aisé à comprendre à ceux qui ont l'intelligence de la sphere. Ce cadran est le plus naturel de tous, puisqu'il ressemble à la terre, & qu'il est éclairé comme elle.

On peut encore connoître l'heure sur le globe par le moyen d'un demi-cercle de cuivre mince, divisé en deux fois 90 d. qu'on ajuste par le moyen de deux petites virolles aux deux poles ou aux deux extremitez de l'axe. Ce demi-cercle que l'on fait tourner avec la main autour du globe, jusqu'à ce qu'il n'y fasse qu'une ombre perpendiculaire, represente le cercle horaire où est pour lors le soleil, & par consequent indique l'heure presente.

Ce demi-cercle étant tourné directement vers le soleil, & ne faisant point d'ombre à ses côtez, montrera sous son épaisseur tous les lieux de la terre où il est midi.

Mais dans ce cas 12 h. doivent être marquées sur le meridien, & 6 h. aux deux points où l'équateur coupe l'horison. Ce qui fait qu'on met ordinairement deux rangs d'heures, comme la figure le marque. Par exemple, en un même point E, qui est le point oriental du globe, on y marque 12 h. & 6 h. pour deux fins; le chifre 12 h. y sert pour quand on veut avoir égard à l'heure marquée par l'ombre du globe qui marque midi en cet endroit, & le chifre de 6 h. qui est là dans sa place naturelle y sert pour quand on veut que l'heure soit marquée par l'ombre du demi-cercle mobile. Les autres chifres des heures suivent l'ordre de ces premiers.

Si l'on fait sortir hors des poles du globe deux bouts d'axe & que les heures soient marquées sur les cercles polaires, ils serviront aussi à connoître l'heure; savoir, le supérieur pendant les longs jours, & l'inférieur pendant les courts jours.

Il y a encore beaucoup d'autres usages qui se peuvent pratiquer avec le globe, dont nous ne parlerons point ici, les ayant suffisamment expliquez dans le livre qui traite de cette matiere.

Je dirai seulement qu'on rend les petits globes portatifs, universels, en y ajustant un quart de cercle au-dessous pour faire couler le pied suivant l'élevation du pole du lieu; cela est facile à entendre.

Construction & usage du demi-cylindre concave & convexe.

Ce cadran se fait de differentes grosseurs; les petits se font de cuivre, & les grands de pierre ou de bois. Il est fort curieux, en ce qu'il marque les heures sans style. Sa justesse consiste en ce qu'il soit bien arrondi & bien uni en-dedans comme en-dehors; c'est à quoi il faut bien s'appliquer pour le rendre regulier. Fig. 2.

Il est monté & attaché sur son pied, & incliné comme l'axe du monde sur l'horison & tourné droit au midi, & par consequent les lignes des heures & les vives arrêtes qui servent de style, sont toutes paralleles à l'axe du monde. Le cylindre convexe entier se divise en 24 parties égales, ou deux fois 12 h. par des lignes paralleles. Le demi-cylindre concave faisant un demi-cercle, se divise en 6 parties égales, qui servent depuis 6 h. du matin jusqu'à 6 h. du soir.

Le soleil éclairant la moitié du cylindre convexe, comme il éclaire la moitié du globe, y marque l'heure par le défaut de lumiere, c'est-à-dire, par une ligne qui termine la lumiere & la sépare de l'ombre.

Au cylindre concave l'heure est marquée par une des vives arrêtes qui sert d'axe, de sorte que le matin lorsque le soleil est parvenu au cercle de 6 h. la vive arrête qui est du côté d'orient, jette son ombre sur l'arrête opposée, & y marque 6 h. & à mesure que le soleil s'éleve sur l'horison, l'ombre descend & marque l'heure; les heures du matin sont marquées vers le haut du cylindre, & celles d'après-midi vers le bas. Lorsque le soleil est arrivé au meridien, il regarde en face le cadran, & pour lors il n'y a point d'ombre; lorsque le soleil descend vers la partie occidentale, la vive arrête qui est du même côté, jette son ombre dans la partie opposée, & y marque les heures d'après-midi jusqu'à 6 h. du soir sur la partie inférieure du cylindre. Si l'on veut les demi-heures & les quarts, il n'y a qu'à doubler les divisions. Aux petits cadrans on met une boussole au pied pour les orienter.

Dans les niches que l'on fait dans les bâtimens pour y placer des figures, sont des demi-cylindres concaves perpendiculaires, dans lesquels on trace quelquefois des cadrans : On fait ce cadran comme il est aussi marqué dans les recréations mathematiques de Mr Ozanam page 89, à la reserve qu'il faut reculer la ligne de midi du milieu du cylindre vers les côtez à proportion que le mur décline, de sorte que si le mur regardoit directement l'orient une vive arrête du cylindre concave seroit la ligne de midi, & il ne resteroit plus que les heures du matin decrites dans la concavité du cylindre sans aucun changement dans les distances des heures entre elles; le style supposé au centre dudit cylindre. Tel est celui qu'on voit en une des niches dans la cour du vieux Louvre à Paris, il est fort juste & tracé par Mr R.

Cependant si on vouloit que la ligne de midi se trouvât précisement au milieu, ou de la convexité d'une colomne appliquée à un mur, ou de la concavité cylindrique d'une niche prise dans un mur déclinant, comme on voit dans les deux cadrans de l'hotel de Condé; on ne pourroit plus se servir de l'ombre du cylindre convexe pour y tracer ou connoître l'heure, n'y d'un style dont le bout répond au centre de la concavité de la niche; par consequent ce ne seroit plus un cadran cylindrique exactement parlant; il n'y auroit pas de moyen plus court & plus précis de tracer de tels cadrans qu'en se servant d'un des sciateres, dont nous avons parlé ci-dessus, ou de la methode que nous avons proposée en parlant de l'horisontal mobile. Ces cadrans ne doivent plus être considerez comme des cylindriques, mais des irreguliers, dont la seule ligne de midi sera droite, toutes les autres seront courbes : on y marque les arcs diurnes & des signes au moyen d'un trigone en gyrouette, comme nous avons dit. Quand tout y est marqué on efface le centre, & des lignes, tout ce qui n'est pas compris entre les deux tropiques ; on ne laisse que le bout du style lequel ne repond plus au centre de la niche.

Les bornes étroites que nous nous sommes prescrit dans ce livre, ne nous permettent pas de donner une maniere assez juste de tracer un cadran sur un plan développé d'un cylindre convexe ou concave déclinant, par les verticaux & les hauteurs du soleil. Il faut beaucoup de discours pour l'expliquer, & encore plus de patience pour l'executer.

Construction & usage du cylindre vertical mobile.

CEtte figure represente un cadran vertical, tracé sur la surface d'un cylindre par le moyen de la table des hauteurs du soleil sur l'horison à toutes les heures du jour, pour la latitude du lieu où l'on veut construire le cylindre, & de 10 en 10 d. de chaque signe.

La table ci-jointe est calculée pour 49 d. de latitude ou d'élevation de pole, qui peut servir dans la construction de ces cadrans pour Paris, & pour les lieux qui ont même élevation, ou à peu près.

Nous donnerons ci-après en parlant du cadran azimutal & de l'analemmatique, une methode très-facile de dresser ces tables pour differentes latitudes, & y marquer les demies & quarts d'heure.

Table

Table des hauteurs du soleil dans toutes les heures du jour pour la latitude de 49 d. & de 10 en 10 d. de chaque signe.

Heur.	XII.		XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		He.
Signes	D.	M	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M	D.	M.	D.	M	Sg.
♋	64	30	61	56	55	19	46	35	37	1	27	10	17	30	8	21	♋
10	64	5	61	33	55	1	46	18	36	42	26	54	17	10	8	4	20
20	63	2	60	31	54	4	45	28	35	5	26	6	16	20	7	12	10
♌	61	12	58	49	52	34	44	7	34	39	24	50	15	6	5	50	♊
10	58	48	56	30	50	29	42	14	32	53	23	6	13	20	3	57	20
20	55	52	53	42	47	57	39	55	30	41	20	57	11	11	1	40	10
♍	52	30	50	30	45	1	37	14	28	10	18	28	8	40	.	.	♉
10	48	51	46	48	41	44	34	13	25	19	15	43	5	54	.	.	20
20	44	58	43	12	38	15	31	0	22	18	12	48	2	59	.	.	10
♎	41	0	39	20	34	37	27	38	19	9	9	47	.	.	.	.	♈
10	37	2	35	26	30	58	24	15	15	58	6	42	.	.	.	.	20
20	33	9	31	40	27	24	20	55	12	51	3	44	.	.	.	.	10
♏	29	30	28	4	23	58	17	42	9	50	0	54	.	.	.	.	♓
10	26	8	24	46	20	51	14	45	7	6	.	.	.	.	.	.	20
20	23	12	21	52	18	5	12	12	4	43	.	.	.	.	.	.	10
♐	20	48	19	30	15	48	10	3	2	42	.	.	.	.	.	.	♒
10	18	48	17	44	14	6	8	27	1	13	.	.	.	.	.	.	20
20	17	52	16	38	13	3	7	27	0	19	.	.	.	.	.	.	10
30	17	30	15	15	12	42	7	8									♑

Nous allons donner la construction de ce cadran sur un plan développé, qui est la surface convexe du cylindre. La même chose se peut faire sur le cylindre même en traçant les lignes sur le corps rond, de même que si c'étoit sur un plan.

Sur une plaque de cuivre ou sur une feuille de papier ou carton décrivez le parallelograme rectangle A B C D, dont la largeur A B ou C D est à peu près égale à la circonference du cylindre; prolongez la ligne AB, pour y marquer la longueur du style A E, qui détermine la hauteur du cylindre. Du point E, comme centre & pour rayon E A, faites un arc égal à la hauteur du soleil à midi, dans le plus long jour d'été. Tirez la ligne occulte E D, qui donnera la hauteur du cylindre A D; mais si cette longueur étoit donnée, pour déterminer la longueur du style, du point D, comme centre, faites sur A D un arc égal au complément de la plus grande hauteur meridiene du soleil sur l'horison du lieu proposé. Si cette plus grande hauteur est de 64 d. 30 m., son complement sera 25 d. 30 m. tirez la ligne occulte D E, qui déterminera la longueur du style E A, proportionnée à la hauteur du cylindre. Fig. 14

Divisez ensuite l'arc A F en degrez & minutes, & du point E, tirez

des lignes occultes par tous les degrez de l'arc de cercle, jusqu'à la ligne A D, pour en faire l'échelle des hauteurs, qui contient les tangentes de tous ces arcs, & se peut encore marquer par les nombres qui leur conviennent dans les tables des sinus imprimées, en supposant le rayon A E de 100 parties égales ou de 1000, selon la grandeur du cylindre.

Les choses étant ainsi preparées, divisez la largeur A B C D en 6 parties égales pour les 12 signes; par chaque point de division tirez autant de lignes paralleles, qui representeront les commencemens des signes du zodiaque; subdivisez encore chaque espace en 3 parties égales, afin d'y pouvoir marquer les degrez de 10 en 10, & par même moyen les commencemens des mois, parce qu'en ces sortes de cadrans il n'y a pas d'erreur sensible à fixer l'entrée du soleil en chaque signe au 20 de chaque mois.

Pour marquer les points des heures sur toutes ces lignes l'une après l'autre, servez-vous de la table des hauteurs du soleil sur l'horison du lieu; comme, par exemple, pour marquer 10 h. du matin ou 2 h. après midi sur la ligne A D, qui represente le tropique de l'écrevisse :

Vous trouverez dans la table, que le soleil est élevé sur l'horison de Paris de 55 d. 19 m. c'est pourquoi vous prendrez avec un compas sur l'échelle des hauteurs A D, la tangente de pareil nombre de deg. & min. & cette ouverture étant transportée sur ledit tropique, vous y ferez un point par où doit passer la ligne horaire proposée. Pour marquer la même heure sur un autre parallele, comme sur celui du commencement du lion ou de la fin des gemeaux, vous verrez dans ladite table que la hauteur du soleil en ce tems-là est de 52 d. 34 m. dont vous prendrez la tangente sur l'échelle des hauteurs, & la marquerez sur ledit parallele en comptant toujours depuis le haut du cylindre, c'est-à-dire, en mettant une pointe du compas sur la ligne A B. Vous en ferez de même sur tous les autres paralleles, & même sur leurs divisions de 10 en 10 degrez, & par tous ces points vous tracerez la ligne horaire courbe de 10 h. du matin, & de 2 h. après midi.

Vous en ferez de même pour toutes les autres lignes horaires; vous joindrez le mieux qu'il vous sera possible, par des lignes courbes, tous les points qui appartiennent à une même heure, & marquerez les caracteres des signes & les premieres lettres des mois, comme aussi les chifres des heures, chacun en leur place, comme la figure le montre, & le cadran sera achevé.

Vous contournerez ensuite ce parallelograme autour du cylindre, en sorte que les lignes qui representent les deux tropiques, soient bien paralleles entre elles. On peut tracer de même les signes & les heures sur les corps mêmes des cylindres.

Le style est attaché à un chapiteau qui sert d'ornement, & doit être d'équerre & mobile sur la ligne A B, afin de pouvoir le placer sur le degré du signe ou le jour du mois courant. Ce cadran étant posé perpendiculairement ou suspendu par un anneau, tournez-le vis-à-vis le soleil, jusqu'à ce que l'ombre du style tombe à plomb sur le parallele du jour; son extremité marquera l'heure, ou partie d'heure presente.

On peut encore par cet instrument connoître à toute heure la hauteur du soleil. Pour cet effet posez le style sur l'échelle des hauteurs, tenez le cylindre suspendu ou placé horisontalement, tournez-le de sorte que le style soit vers le soleil, pour lors l'extremité de son ombre perpendiculaire marquera la hauteur du soleil sur l'horison.

Ce parallelograme peut ſervir auſſi de cadran, ſans être contourné ſur un cylindre, en ajuſtant le ſtyle de maniere qu'il puiſſe couler au long de la ligne A B, & s'arrêter ſur le parallele du ſigne ou du jour du mois. Il n'y a qu'à faire une petite fente au haut de la platine, & applatir le pied du ſtyle de telle ſorte qu'il puiſſe couler dans cette fente ſans changer de longueur.

Fig. 1.

Pour s'en ſervir il faut que ſon plan ſoit bien perpendiculaire, & que la ligne A B ſoit bien de niveau, ce que l'on fait aiſément par le moyen d'un petit plomb dont la ſoie eſt attachée ſur un côté de la platine. Le tenant ainſi d'une main, ou ſuſpendu par un anneau, on l'expoſe directement au ſoleil, de telle ſorte que l'ombre du ſtyle ſoit étendue ſur la ligne qui repreſente le parallele du ſigne ou du mois, & ſon extremité marquera l'heure.

Conſtruction & uſage du cadran tracé ſur un quart de cercle.

LA figure 2 de la planche 30me, repreſente un cadran portatif, tracé ſur un quart de cercle, dont nous plaçons ici la conſtruction, attendu qu'il ſe fait, auſſi-bien que le cylindre, par le moyen de la table des hauteurs du ſoleil, calculée pour la latitude du lieu.

XXX. Planche. Fig. 2.

Après avoir diviſé en degrez la circonference B C du quart de cercle, du centre A, tracez une autre circonference, joignant cette diviſion pour repreſenter le tropique d'été; diviſez à peu près en trois parties égales le rayon A B, & de l'ouverture A D tracez un arc de cercle pour le tropique d'hiver; diviſez l'eſpace D B en 6 parties égales, & du centre A décrivez autant de portions de cercles qui repreſenteront les paralleles des autres ſignes, comme ils ſont marquez ſur le côté A C de ladite figure.

Les heures ſe tracent par des lignes courbes en la maniere ſuivante. Pour trouver, par exemple, le point de midi ſur le tropique d'été, ayant trouvé dans la table que la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon de Paris eſt en ce tems-là de 64 d. 29 m. ſervez-vous d'un filet que vous aurez attaché au centre, ou d'une regle étendue juſqu'à ce nombre de degrez & minutes gravez ſur la circonference extérieure & marquez ſur le tropique d'été le point de midi; cherchez enſuite dans ladite table la hauteur du ſoleil à midi, lorſqu'il eſt à la fin des gemeaux ou au commencement du lion, & ayant trouvé 61 d. 12 m. étendez la regle depuis le centre juſqu'à la circonference ſur pareil nombre de degrez & minutes, & marquez le point de midi ſur ce parallele qui ſert pour ces deux ſignes.

Faites-en de même pour tous les autres paralleles des ſignes, & même pour leurs parties, de 10 en 10 d. ſi le quart de cercle eſt aſſez grand. Joignez tous ces points de midi par une ligne courbe, depuis un tropique juſqu'à l'autre, & vous aurez la ligne de 12 h. Faites-en de même pour toutes les autres heures, ajoutez deux pinules percées d'un petit trou ſur le rayon A C, & le cadran ſera achevé.

Uſage du quart de cercle.

ELevez l'inſtrument vers le ſoleil, en ſorte que ſon rayon entre par les trous des deux pinules G; ou ſi au lieu de pinules il n'y avoit qu'une petite pointe au centre A, faites que ſon ombre ſoit directement au long

de la ligne A C. Pour lors le filet du centre pendant librement avec son plomb, & rasant le plan du quart de cercle, y montrera l'heure à l'endroit où il coupe le parallele du jour courant.

Vous pouvez aussi passer dans le filet du plomb une petite perle où tête d'épingle ; en ce cas étendez le filet du centre, & arrêtez la petite perle sur le degré du signe ou sur le jour du mois ; le rayon du soleil entrant par les pinules, le filet & la perle raseront le plan, & indiqueront l'heure presente.

Construction & usage d'un cadran rectiligne particulier.

XXXI. Planche. Fig. 4.

Ce cadran que nous appellons particulier, à cause qu'il ne sert que pour une élevation de pole ou latitude déterminée, se fait sur une platine de laiton, bien droite, ou d'autre métail, grande environ comme une carte à jouer, & épaisse comme un liard.

Pour le construire, tirez premierement les deux lignes droites A B, C D, se croisant à angles droits au point E, duquel comme centre & du rayon E C décrivez le cercle C B D, divisez-le en 24 parties égales, commençant du point D ou C ; par les divisions également distantes de D & C, tirez les lignes horaires qui seront paralleles entre elles & à la ligne A B : D R sera pour midi, E B pour 6 h. C M pour minuit ; formez le parallelograme rectangle P M Q R. Du point de midi D, faites sur la ligne C D un arc égal à l'élevation du pole, comme ici de 49 d. ; par l'extremité de cet arc & par le point D, tirez la ligne occulte qui representera le rayon de l'équateur, & qui servira à former le trigone des signes, dont le sommet sera le point D.

Prolongez l'heure du lever du soleil au plus long jour d'été, qui est ici 4 h. Prolongez aussi la ligne de 6 h. jusqu'à ce qu'elle rencontre le rayon de l'équateur en un point qui sera le centre d'un cercle dont le diametre sera perpendiculaire audit rayon & terminé par l'intersection de la ligne de 4 h. du matin. De ce centre & de l'ouverture de son demi-diametre décrivez un cercle, que vous diviserez en 12 parties égales, pour former le trigone des signes, comme nous avons expliqué ci-devant au chapitre 3 de ce livre. Les deux tropiques seront aux extremitez de ce diametre, faisans avec le rayon de l'équateur chacun un angle de 23 d. 30 m. dont le sommet est le point D. Le tropique d'été doit être dans la partie inférieure, & le tropique d'hiver dans la partie supérieure, comme on voit par la figure. Faites une petite fente au long de ce diametre pour y faire couler un petit curseur percé au milieu pour y passer un filet qui porte un plomb, dans lequel on a passé une petite perle ou tête d'épingle, ensuite on place deux pinules aux extremitez de la ligne P Q.

USAGE.

Faites couler le curseur, arrêtez le trou qui porte la soie, sur le degré du signe ou sur le jour du mois courant ; faites aussi couler la petite perle ou tête d'épingle au long de la soie jusqu'à ce qu'elle soit sur le point de 12 h. ; exposez au soleil la pinule P, & haussez ou baissez le cadran jusqu'à ce que le rayon du soleil passe par les deux pinules, & que la soie du plomb rase le plan. L'endroit des heures où s'arrêtera la perle, sera l'heure presente.

Construction du cadran rectiligne universel.

LA figure 5 represente un cadran rectiligne qui peut servir pour toutes les differentes latitudes ou élevations de pole. Il se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiere solide bien unie, grande à volonté, épaisse à proportion.

Pour le construire tirez les lignes AB, CD, s'entre-coupant à angles droits au point E; duquel, comme centre, decrivez le quart de cercle AF, & le divisez en 90 d. Du point E faites un triangle des signes par la methode expliquée au chapitre 2. Divisez chaque signe de 10 en 10 d. & placez les premieres lettres des mois aux endroits qui leur conviennent, en supposant, comme nous avons déja dit l'entrée du soleil en chaque signe le 20 des mois; comme, par exemple, son entrée en ♈, le 20 de Mars, son entrée dans le ♉, le 20 d'Avril, & ainsi de suite; ce qui se peut faire sans erreur sensible sur un si petit instrument. Tirez ensuite du centre E, par les divisions du quart de cercle des lignes ponctuées jusqu'à la ligne AG, pour la diviser en des points, desquels vous menerez des paralleles à la ligne AB, qui seront les differentes latitudes ou hauteurs de pole, que vous marquerez seulement entre les deux tropiques, comme on les voit sur cette figure, où elles ont été tracées de 5 en 5 d. Du point B portez de part & d'autre sur la ligne BH, les divisions des signes pris au grand triangle sur la latitude de 45 d. pour y faire la representation d'un autre zodiaque. Fig. 5.

Pour tracer les lignes horaires sur ce cadran, tirez par les divisions du quart de cercle AF de 15 en 15 d., des lignes paralleles à ED, qui est la ligne de 6 h.; le point A est pour minuit; transportez avec un compas les mêmes distances depuis la ligne ED allant vers B, qui est le point de midi. Pour les demi-heures prenez au quart de cercle 7 d. 30 m. & tirez d'autres paralleles entre les lignes des heures.

On peut encore tracer les heures par le moyen d'un cercle, dont le diametre soit la ligne AB, divisant sa circonference en 24 parties égales pour les heures, & en 48 pour les demi-heures. Puis tirant des points de division opposez, des lignes paralleles, on aura les heures & demi-heures, comme nous avons dit en la construction de l'autre rectiligne.

Du point I, comme centre, on trace un autre quart de cercle occulte, qu'on divise en 90 d. lesquels se marquent sur le bord extérieur de la platine, comme il paroît en la figure, où ils sont seulement divisez de 5 en 5 d.

Cette division sert à prendre la hauteur du soleil sur l'horison, comme nous dirons ci-après.

On attache au bord supérieur, sur la ligne GH, deux pinules percées chacune d'un petit trou, pour donner passage aux rayons du soleil.

La piece marquée K, est un petit bras ou index, fait de trois lames de laiton attachées l'une sur l'autre par des clous à tête rivez de maniere qu'elles puissent avoir du mouvement à droit & à gauche; au bout pointu qui est percé d'un fort petit trou, on attache une soie qui porte un plomb dans laquelle on a enfilé une très-petite perle ou tête d'épingle; ce petit

bras s'attache sur la platine avec un clou à tête, afin qu'il ait un mouvement, à l'endroit marqué K.

USAGE.

POur connoître l'heure, ajustez le bout de l'index sur l'intersection que fait la ligne de la latitude du lieu avec le degré du signe ou le jour du mois; étendez la soie & faites couler la perle sur pareil degré du signe au petit zodiaque, qui est tracé sur la ligne de midi BI; élevez vers le soleil la pinule G, de sorte que son rayon passe par les deux trous ou fentes des pinules; pour lors l'endroit où la perle s'arrêtera sur le plan, sera l'heure presente.

Pour connoître l'heure du lever & du coucher du soleil en tous les signes du zodiaque, & pour les latitudes marquées sur le cadran, arrêtez le bout de l'index sur l'intersection de la latitude du lieu & du degré du signe, laissant tomber librement la soie parallele aux lignes horaires, elle montrera l'heure du lever & du coucher du soleil. Par exemple, le bout de l'index étant arrêté sur l'intersection du signe de ♋, & la latitude de 49 d. le filet rasera la ligne de 4 h. du matin, & de 8 h. du soir; ce qui fera connoître qu'environ le 20 de Juin le soleil se leve à Paris à 4 h. du matin, & se couche à 8 h. du soir, & ainsi des autres.

Pour connoître l'élevation du soleil sur l'horison, placez le bout de l'index au point I, haussez ou baissez l'instrument de sorte que le rayon du soleil passe par le trou de la pinule H, & se rende dans l'autre pinule; la soie tendue par son plomb marquera l'élevation du soleil sur les degrez tracez au bord exterieur de la platine.

Toutes ces sortes de cadrans qui marquent les heures par les hauteurs du soleil, ont cela de commode qu'ils n'ont pas besoin de boussole, mais leur commun defaut est qu'aux environs de midi on ne peut savoir l'heure juste, si ce n'est par plusieurs observations, qui font connoître si le soleil hausse ou baisse, & par consequent s'il est dans la partie orientale ou occidentale.

Construction du cadran horisontal pour plusieurs élevations de pole.

Fig. 6.

CE cadran se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiere solide. Il y a une petite piece de cuivre en forme d'oiseau, dont la partie inférieure est ajustée dans deux petits tenons pour le rendre mobile & le coucher d'un côté ou d'autre; il est retenu droit par le moyen d'un ressort qui est dessous la platine, & qui la traversant par un petit trou quarré, fait tenir l'oiseau ferme sur son pied. Il y a un style ou axe qui entre dans l'épaisseur de l'oiseau qui est double; le bout d'en-bas de l'axe entre dans un petit tenon qui est au centre du cadran, pour donner moyen de le hausser ou baisser suivant la hauteur du pole. Il y a sur le style un arc de cercle divisé où les degrez sont marquez depuis 35 ou 40 d. jusqu'à 60. On fait une fente au long de la circonference divisée, & par le moyen d'une petite goupille rivée, passant par l'œil de l'oiseau, on arrête son bec sur le nombre des degrez, & on maintient l'axe à la hauteur du pole requise.

On fait une ouverture circulaire à la platine pour y joindre une bouſſole attachée en deſſous par deux vis. L'éguille & le verre qui la couvre ſe placent de même qu'aux autres bouſſoles dont nous avons parlé.

La ſurface du cadran eſt partagée en 4 ou 5 circonferences que l'on diviſe l'une après l'autre, pour autant de differentes latitudes, ſuivant quelques-unes des methodes expliquées ci-devant, dont celle qui ſe fait par le calcul des angles au centre du cadran eſt la plus en uſage pour ces petites ſurfaces.

On peut encore tracer ces cadrans par le moyen d'une plateforme ſur laquelle on aura diviſé divers cadrans par les regles que nous avons données ci-devant, pour les marquer ſur la plaque par le moyen d'une regle à centre, ayant affermi ladite plaque de maniere qu'elle ne branle point.

La circonference extérieure qui eſt diviſée pour 55 d. de latitude, peut ſervir pour les pays qui ſont compris entre le 58 & 53me d.

La ſeconde qui eſt diviſée pour 50, ſert pour les pays compris entre le 53 & le 47me d.

La troiſiéme qui eſt diviſée pour 45, peut ſervir pour les pays compris entre les 47 & 42me d.

La quatriéme qui eſt diviſée pour 40 d. ſert pour les pays compris entre les 42 & 38 d. de latitude.

Quand on y met un cinquiéme cadran pour 35 d. il ſert pour tous les pays compris entre les 37 & les 32. On peut voir ſur une bonne mappemonde ou ſur un globe terreſtre les pays où ces cadrans peuvent ſervir; car celui qui eſt fait pour une latitude peut ſervir pour toutes les pays autour de la terre qui ont une pareille latitude ſeptentrionale ou meridionale. Sous la platine du cadran on grave une table des principales villes du monde, avec leurs latitudes, pour y pouvoir faire le choix des circonferences de ce cadran, en élevant ſon axe ſelon l'élevation du pole du lieu où l'on veut s'en ſervir.

Uſage de ce cadran.

POur trouver l'heure, hauſſez ou baiſſez le ſtyle en ſorte que le bout du bec du petit oiſeau réponde au degré de l'élevation du pole du lieu marqué ſur le ſtyle, comme à Paris, vis-à-vis de 49 d. le ſtyle étant ainſi élevé, placez le cadran parallele à l'horiſon, c'eſt-à-dire de niveau, tournez-le au ſoleil juſqu'à ce que la pointe ſeptentrionale de l'éguille aimantée, marquée ordinairement d'un petit anneau, ſoit arrêtée ſur la ligne de déclinaiſon où il y a une fleur-de-lis & où eſt écrit *Nord*. Pour lors l'ombre du ſtyle marquera l'heure qu'il eſt ſur la circonference diviſée pour la latitude du lieu.

Il faut ſe ſouvenir de ne pas approcher le cadran d'aucun fer, car il changeroit la direction de l'éguille aimantée.

Conſtruction d'un cadran à anneau.

SOit fait un cercle bien rond de cuivre ou d'autre matiere ſolide, d'environ deux pouces de diametre, ſur 4 à 5 lignes de largeur, d'une épaiſſeur convenable pour ne pas ſe forcer. Marquez à volonté ſur la cir- Fig. 7.

conference le point A, où il y ait un petit trou ; du point A, comme centre, decrivez un quart de cercle diviſé en 90 d. cherchez dans la table des élevations du ſoleil, ſa hauteur pour chaque heure du jour des équinoxes ſur l'horiſon du pays, leſquels vous marquerez par le moyen du quart de cercle, en tirant des lignes du centre A, juſqu'à la ſurface concave de l'anneau, & ce cadran ſera bon pour le tems des équinoxes, le ſuſpendant par l'anneau B, en ſorte que la ligne A D ſoit à plomb.

On pourra le faire ſervir pour les autres tems de l'année, ſi on rend le trou A mobile. Pour cet effet coupez les arcs A E, A I de 23 d. pour les ſignes du ♉, ♍, ♏ & ♓, A F, A K de 40 d. 26 m. pour les ſignes de ♊, ♌, ♒ & ♐. Enfin l'arc A G, A L de 47 d. pour les ſignes de ♋ & ♑. On prend le double de la déclinaiſon des ſignes, parce que les angles à la circonference ne ſont que moitié des angles au centre ; vous aurez par ce moyen ſur la ſurface convexe de l'anneau une eſpece de zodiaque, y marquant les ſignes chacun en leur place, ou bien les premieres lettres des mois, afin de pouvoir mettre le trou A ſur le degré du ſigne ou le jour du mois courant. Il faut auſſi decrire dans la ſuperficie concave de l'anneau 7 cercles ; celui du milieu ſera pour l'équateur, & les autres cercles pour les autres paralleles.

Des points A, E, F, G, I, K, L, comme centre, faites autant de quarts de 90 d. ſur leſquels vous marquerez pour chaque ſigne les hauteurs du ſoleil à chaque heure ; & prolongeant les rayons juſqu'aux circonferences, vous y marquerez des points, & joindrez par une ligne courbe tous ceux qui appartiennent à une même heure.

On peut tracer à part ces diviſions, & les rapporter enſuite ſur cet anneau en prenant les mêmes diſtances avec un compas.

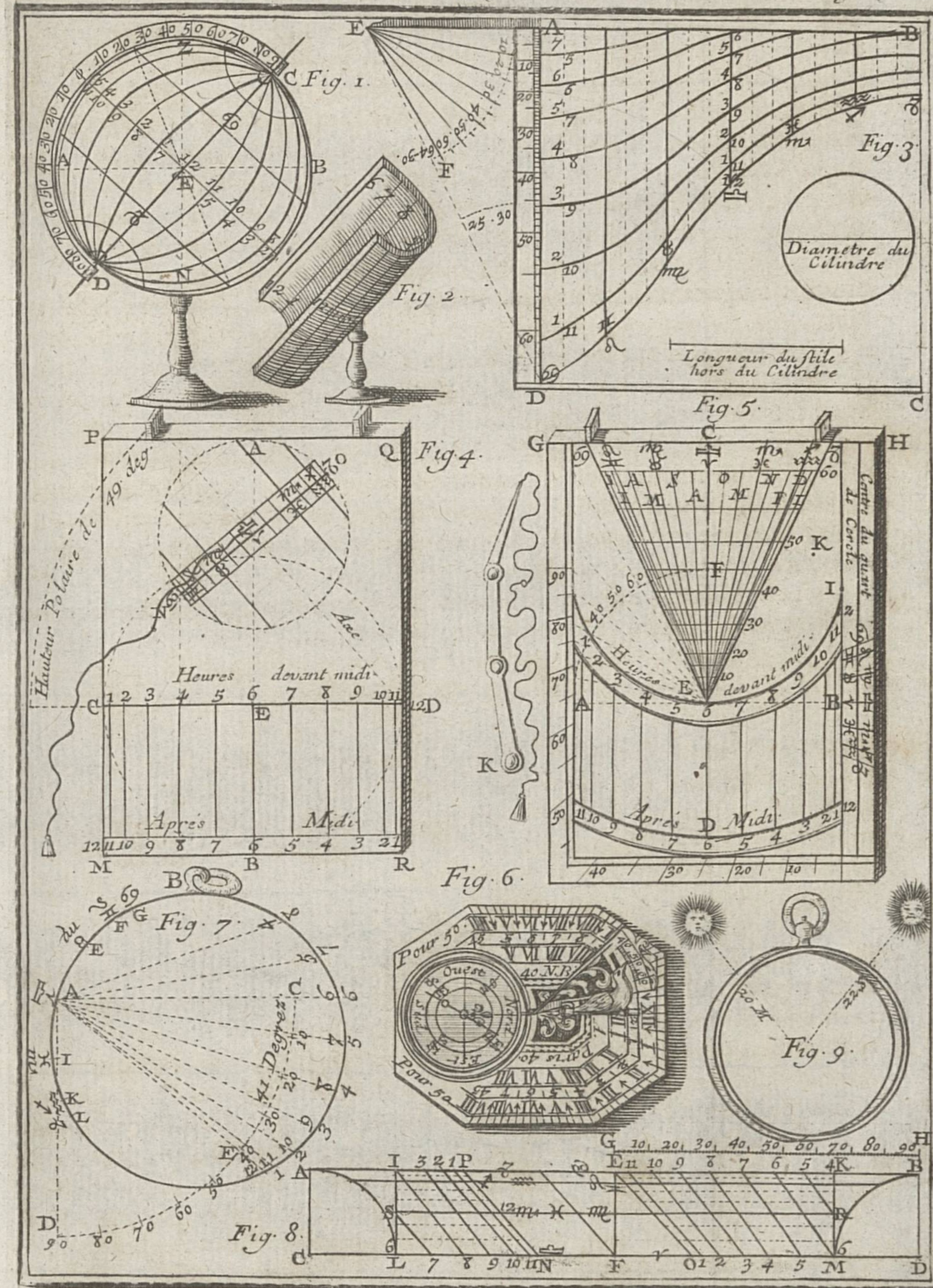
USAGE.

Placez le trou mobile ſur le degré du ſigne où eſt le ſoleil ; tenez l'anneau ſuſpendu & le tournez au ſoleil, de ſorte que ſon rayon paſſant par le trou, tombe ſur la circonference convenable du ſigne, il y marquera l'heure preſente.

Décrire les heures ſur une autre ſorte d'Anneau.

Fig. 9. La figure 9 repreſente cet anneau tout fait, & le parallelograme ABCD, le repreſente étendu & dévelopé, afin d'y marquer les heures avant que de le contourner en cercle.

Il eſt fait d'une lame de laiton ou d'autre matiere ſolide, de longueur proportionnée à la grandeur qu'on veut donner à l'anneau, large au moins Fig. 8. de 4 à 5 lignes & d'une épaiſſeur proportionnée, & dont les extremitez A C, B D, ſont coupées à angles droits. Des points C & D, faites deux quarts de cercle ; diviſez-les en 9 parties égales ; de chaque diviſion oppoſée tirez les paralleles des ſignes, la ligne C F D ſera pour ♈ & ♎, A E B pour les deux tropiques, les autres ſont pour les autres ſignes placez ſuivant leur ordre. Diviſez toute la longueur en deux également par la ligne E F ; tracez à part la ligne G H égale à A E pour en faire une échelle, que vous diviſerez en neuf parties égales, dont chaque partie ſera ſubdiviſée en



en 10, par des petits points pour faire en tout 90 parties égales, répondantes aux 90 d. d'un quart de cercle. Prenez dans la table les degrez de hauteur du soleil sur l'horison du pays à chaque heure du jour des solstices & des équinoxes; comme, par exemple, pour Paris où la hauteur meridiene du soleil étant au premier point de ♋, est de 64 d. 29 m. prenez avec un compas sur l'échelle GH 64 parties & demie, portez cette ouverture sur la bande de laiton depuis E de part & d'autre, jusqu'à I & K, & de même du point F, jusqu'à L & M; joignez les points IL, KM par des lignes droites; prenez ensuite en la table pour une heure & 11 h. au solstice d'été 61 d. 54 m. c'est-à-dire, peu moins de 62 d. sur l'échelle, que vous porterez sur le cadran de K vers E; prenez aussi 41 d. sur l'échelle pour le point de midi des équinoxes, que vous porterez de M en O & de L en N pour 12 h.; prenez de même 39 d. 20 m. pour le point d'une heure & d'onze, que vous porterez sur la même ligne des mêmes points M & L; des points de la même heure des solstices & des équinoxes tirez des lignes droites; pour le tropique du capricorne prenez sur l'échelle GH 17 d. & demi, hauteur meridiene, que vous porterez de I en P; pour une heure, & pour 11 prenez 16 d. 17 m. que vous porterez de I vers P, & ainsi de toutes les autres heures qui seront representées par des lignes droites.

Mais si pour plus grande justesse vous prenez en la table les nombres qui conviennent aux differentes hauteurs du soleil en chaque signe, & même de 10 en 10 d. vous aurez sur les paralleles des points qui étant joints ensemble, formeront des lignes courbes pour les lignes horaires, & en ce cas le cadran en sera plus regulier & plus juste.

Vous écrirez le nombre des heures aux deux côtez, comme aussi les caracteres des signes & les premieres lettres des mois, chacun en leur place, comme la figure le montre. Au milieu des lignes IL, KM aux points R & S, percez deux petits trous en dedans, s'élargissans en dehors de l'anneau, pour mieux recevoir le rayon du soleil.

Arrondissez ensuite cette lame, soudez les deux extremitez ensemble; mettez au milieu de la jointure un petit bouton avec un anneau, de sorte que le tout soit bien en équilibre. Il faut pour cela le tourner en dehors.

USAGE.

TEnez l'anneau suspendu & tournez le trou qui convient au tems courant, vers le soleil, de sorte que son rayon tombe sur le parallele du jour; l'heure y sera marquée par un point de lumiere.

Le trou S sert depuis le 21 Mars jusqu'au 23 Septembre, & le trou R pour les autres six mois.

On écrit sur la superficie convexe de l'anneau proche des petits trous; par exemple, sur celui S, 21 Mars, & sur celui R, 23 Septembre, comme la figure 9 le montre. Ces deux derniers cadrans ne sont propres que pour une élevation de pole.

Construction & usage de l'anneau astronomique universel.

XXXII. Planche. Fig. 1.

CEt instrument, dont l'usage est de marquer l'heure par un rayon du soleil, en quelque endroit de la terre que l'on puisse se trouver, se fait de cuivre ou d'autre metail. Il est composé de deux cercles plats,

tournez en dedans comme en dehors. L'exterieur marqué A, represente le meridien du lieu où l'on est; il porte deux divisions de 90 d. diametralement opposées, dont l'une sert depuis notre pole septentrional jusqu'à l'équateur, & l'autre depuis l'équateur jusqu'au pole meridional.

Le cercle intérieur represente l'équateur. Il doit tourner bien juste dans l'extérieur par le moyen de deux pivots ou goupilles qui traversent les deux cercles, par des trous diametralement opposez l'un à l'autre aux points de 12 h.

Il se fait de ces cadrans depuis deux jusqu'à six pouces de diametre, & même plus grands. Les cercles sont larges & épais à proportion de leur grandeur. Au milieu de ces cercles est une regle ou lame mince avec un curseur marqué C, composé de deux petites pieces qui coulent dans une ouverture faite au milieu de cette lame, & qui sont retenues par deux petites vis; il y a un fort petit trou percé au milieu de ce curseur pour recevoir le rayon du soleil. La ligne du milieu de cette regle peut être considerée comme l'axe du monde, étant perpendiculaire au plan du cercle qui represente l'équateur & les extremitez comme les deux poles. On y marque d'un côté les signes du zodiaque avec leurs caracteres, & de l'autre côté les quantiémes & les noms des mois, ou seulement leurs premieres lettres. On les place suivant le rapport qu'ils ont avec les signes. On divise les signes de 10 en 10 d. ou même de 5 en 5, selon leur déclinaison, & ce par le moyen d'un trigone déja tout divisé, & dont l'extremité du rayon de l'équateur, c'est-à-dire, l'angle du sommet est à l'intérieur du cercle équinoxial, comme au point F. Les deux pieces marquées D, sont ployées à l'équerre, pour réunir l'un dans l'autre les deux cercles; elles sont aussi percées en dessous pour tenir l'axe. Ces deux pieces sont attachées avec deux vis au cercle extérieur; il y en a une à un côté du cercle & une à l'autre, aussi-bien que les deux pieces marquées E, pour servir d'appui au cercle équinoxial, & maintenir les deux cercles ouverts à angles droits.

Nous ne repetons pas la maniere de diviser le quart de cercle en degrez, & le cercle équinoxial en heures, demies & quarts, l'ayant dit suffisamment ailleurs. Nous dirons seulement que toutes les divisions du cercle équinoxial doivent être tracées sur l'épaisseur concave dudit cercle, ce qui se fait par le moyen d'une piece d'acier ployée en équerre, selon la courbure du cercle.

Il y a une rainure au bord extérieur des deux côtez du cercle meridien pour faire couler le pendant G, dont le milieu du coulant est ployé par en bas pour entrer dans ladite rainure.

Les deux côtez de cette piece, sont applatis pour appuyer sur l'épaisseur convexe du cercle, & font ressort pour faire tenir le pendant ferme sur tous les degrez de la division. Le bouton où est passé l'anneau de suspension, est rivé au milieu de ladite piece, de maniere qu'il tourne fort librement; le tout afin que l'instrument puisse être suspendu bien perpendiculairement, car c'est une des principales circonstances pour la justesse de cet instrument.

Usage du cadran astronomique.

PLacez la petite ligne tracée au milieu du pendant, sur le degré de latitude du pays où vous êtes, par exemple, pour Paris à 49 d. mettez ensuite la ligne qui traverse le petit trou du curseur de la regle, sur le degré

du ſigne ou ſur le jour du mois courant ; ouvrez l'inſtrument en ſorte que les deux cercles ſoient à angles droits, & le tenant ſuſpendu par l'anneau, tournez le plat de ladite regle vis-à-vis le ſoleil, en ſorte que ſon rayon paſſant par la petite ouverture du curſeur, tombe préciſement ſur la ligne tracée au milieu de l'épaiſſeur du cercle intérieur qui repreſente l'équateur. Pour lors le rayon ou point lumineux marquera l'heure preſente dans la concavité de ce cercle, & dans cette diſpoſition la ligne du milieu du zodiaque, c'eſt-à-dire, de la regle ſur laquelle ſont marquez les ſignes ſera parallele à l'axe du monde.

Ce cadran ne peut point marquer l'heure de midi, parce que ſon cercle extérieur ſe trouvant dans le plan du meridien, empêche le rayon du ſoleil de paſſer juſqu'à l'équateur.

Il ne marque pas même les heures au tems des équinoxes, parce que pour lors les rayons du ſoleil ſont paralleles au plan du cercle équinoxial. Ce n'eſt qu'environ une heure tous les jours, & quatre jours par an.

Conſtruction & uſage d'un anneau aſtronomique à trois cercles.

CEt inſtrument ne differe de l'autre dont nous venons de parler, que par le 3me cercle qui porte la déclinaiſon du ſoleil. Le cercle A repreſente le meridien du lieu où l'on s'en ſert; le cercle B, l'équinoxial, & le cercle D, qui tourne juſte dans ledit équinoxial fait le même effet que la regle qui porte les diviſions du zodiaque, & qui repreſente l'axe du monde dans le precedent inſtrument. Les deux extremitez de ſon diametre qui ſont les deux points de ſa circonference, par où il eſt attaché au meridien, répondent aux deux poles du monde. Aux parties oppoſées D, on marque un double trigone des ſignes ſur la circonference de ce cercle, dont le centre eſt le ſommet où ſe réuniſſent tous les rayons. Les arcs de chaque ſigne ſe ſubdiviſent de 10 en 10, ou de 5 en 5 degrez, auſquels on peut joindre les jours des mois correſpondans. Nous ne repetons pas la maniere de tracer toutes ces diviſions ; étant les mêmes que celles de l'autre anneau aſtronomique. Fig. 8.

L'alidade E eſt attachée au centre du cercle intérieur; il y a deux pinules rivées aux extremitez de l'alidade, percées chacune d'un fort petit trou pour recevoir le rayon du ſoleil.

Les cadrans compoſez de cette maniere marquent l'heure de midi, parce que l'alidade eſt hors du plan du cercle meridien. Quand on le fait grand, comme de 9 à 10 pouces de diametre, on diviſe le cercle équinoxial de 2 en 2 minutes, ou de 5 en 5, pour faire des obſervations exactes.

Il y a un pendant comme à l'autre cadran, qui entre dans la rainure du cercle meridien pour le faire couler ſur le degré de latitude du lieu. On ajoute quelquefois à cet inſtrument un pied à peu près comme à une ſphere, qu'on fait couler ſur le degré de l'élevation, & pour lors il ſe place ſur un plan horiſontal. On y joint auſſi une bouſſole, & par ce moyen on connoît exactement la déclinaiſon de l'aiman.

USAGE.

Placez la petite ligne qui est au milieu du curseur du pendant F, sur le degré de l'élevation du pole du lieu où vous faites l'observation, & la ligne de foi de l'alidade sur le jour du mois ou sur le degré du signe que le soleil parcourt.

Le cercle équinoxial étant ouvert à angles droits avec le meridien, & tenant l'instrument suspendu, haussez ou baissez le cercle inférieur, en sorte que le rayon du soleil passe par les trous des deux pinules. Alors la ligne qui est tracée au milieu de l'épaisseur convexe dudit cercle, montrera l'heure ou partie d'heure tracée au milieu de l'épaisseur concave du cercle équinoxial; & cela à toutes les heures du jour.

La même chose se fera lorsque l'instrument sera posé horisontalement sur un pied; alors on fera les observations plus commodément.

Construction d'un cadran horisontal incliné universel, & d'un équinoxial.

Fig. 3. Ce cadran est composé de deux platines de laiton ou autre matiere; l'inférieure marquée A est évidée vers le milieu pour recevoir une boussole ordinaire qui est attachée en dessous avec des vis; l'autre platine B est mobile par le moyen d'une charniere attachée à l'endroit marqué C. Au long du côté septentrional du cadran on trace sur la platine supérieure un cadran horisontal, divisé pour une latitude plus grande qu'aucune de celles où l'on veut le faire servir, & on y met un style proportioné à cette hauteur, car en l'élevant par le moyen du quart de cercle D, le plan horisontal aura toujours moins de latitude, ou bien le pole y sera moins élevé qu'il n'étoit dans le lieu pour lequel il a été fait.

On ne met ordinairement qu'une portion de cercle depuis l'équateur jusqu'à 60 d. & qui doivent être marquez au bas de la portion du cercle. Le cadran horisontal se trace en ce cas pour cette élevation de pole de 60 d. Cette portion de cercle est attachée par deux petites tenons, & se couche sur la platine inférieure, aussi-bien que le style sur l'extérieure, & ils sont retenus droits par le moyen d'un petit ressort qui est sous chaque plaque. Si on veut faire servir un cadran horisontal fait pour une élevation particuliere de pole, dans d'autres pays de moindre latitude que celle du lieu pour lequel il a été construit, c'est-à-dire, lui faire marquer exactement l'heure dans des lieux plus meridionaux; la charniere en ce cas sera du côté septentrional du cadran, & le quart de cercle sera attaché au côté opposé, comme on voit dans l'exemple de ce livre: Et pareillement si on veut connoître l'heure par le moyen d'un cadran horisontal divisé pour une certaine élevation de pole, dans des pays de plus grande latitude que celle du lieu pour lequel il a été construit, c'est-à-dire, dans des lieux plus septentrionaux, la charniere sera du côté meridional du cadran par où elle tiendra aussi au côté meridional de la platine de la boussole; & le quart de cercle alors sera du côté opposé à celui où est la charniere.

De cette maniere on pourroit rendre universel tel cadran horisontal fait pour une latitude quelconque; comme, par exemple de 49 d. comme celle de Paris, dont la platine seroit garnie de deux charnieres, une au côté

ſeptentrional, l'autre au côté meridional pour le beſoin que l'on pourroit avoir de l'un ou de l'autre côté ; afin qu'étant attachée au côté de même nom de la platine de deſſous, elle peut être élevée ou baiſſée ſoit d'un côté ſoit d'un autre, ſelon qu'il le faudroit pour des lieux plus meridionaux ou ſeptentrionaux que celui pour lequel auroit été fait le cadran ; obſervant toujours dans ces differens cas que l'angle de l'élevation de la platine du cadran, ſur la platine horiſontale de deſſous qui porte la bouſſole, ſoit de la quantité des degrez de la difference des deux hauteurs de pole, du lieu du cadran & du lieu où l'on veut le faire ſervir, & le quart de cercle attaché au côté oppoſé à celui où eſt la charniere de jonction des platines, c'eſt-à-dire, celle ſur laquelle roule leur mouvement. La figure fait aſſez connoître le reſte de la conſtruction de ce cadran.

Uſage de l'horiſontal incliné.

ELevez la platine ſupérieure ſelon les degrez de la difference entre la hauteur du pole ſur le cadran, & la hauteur du pole ſur l'horiſon du lieu où vous êtes, par le moyen de la diviſion du quart de cercle.

L'éguille aimantée étant arrêtée ſur ſa ligne de déclinaiſon, & le cadran placé horiſontalement, l'ombre de l'axe marquera l'heure juſte qu'il eſt.

On grave ſous ces deux platines les noms des principales villes avec leur latitude, pour épargner la peine de les chercher dans les cartes géographiques.

Les cadrans équinoxiaux ſe rendent univerſels par tout le monde de la même maniere, mais en ce cas il faut un quart de cercle entier. La platine ſupérieure ſe fait pour l'ordinaire en forme de cercle évidé que l'on diviſe en 24 parties égales pour les heures, que l'on ſubdiviſe en deux pour les demi-heures, & en quatre pour les quarts. Toutes ces diviſions ſe tracent auſſi dans la concavité du cercle.

Il y a une piece qui traverſe le cercle, & qui porte le ſtyle droit qui ſe tient ferme au milieu du cercle, par le moyen d'un petit reſſort qui eſt attaché ſous le cercle, qui par ce moyen donne la liberté au ſtyle droit de ſe lever au-deſſus de ce cercle, & de s'abaiſſer en deſſous ; & quand le cadran équinoxial eſt tracé ſur une platine, on ſe ſert de la petite piece marquée F, qu'on met au centre, & qui ſert de ſtyle ; la partie ſupérieure du cadran marque les heures depuis le 21 Mars juſqu'au 23 Septembre, & ſa partie inférieure les marque pendant les ſix autres mois de l'année.

Nous n'avons pas jugé à propos d'en mettre ici la figure, à cauſe de la reſſemblance qu'elle a avec celle de l'horiſontal incliné, & qu'on peut aiſément ſe l'imaginer par le diſcours, en ſuppoſant un cadran équinoxial au lieu d'un horiſontal.

Uſage du cadran équinoxial.

IL faut mettre le bord de la platine ou du cercle ſur le degré d'élevation du pole par le moyen du quart de cercle, & le cadran étant bien orienté avec la bouſſole, l'ombre du ſtyle marquera l'heure preſente en tout tems, même pendant les équinoxes, à cauſe que les diviſions des heures ſont continuées juſques dans la concavité du cercle, lequel eſt coupé par le haut.

Construction d'un cadran azimutal.

Fig. 4. CE cadran se fait ordinairement au fond d'une boussole & est nommé azimutal, parce qu'il se fait par le moyen des azimuths ou cercles verticaux du soleil, sur une platine de cuivre ou d'autre matiere solide, parallele à l'horison. Tirez la ligne A B pour la meridiene, sur laquelle décrivez un cercle à volonté. Nous n'en faisons ici que la moitié pour les heures du matin ; celles de l'après-midi se tracent de la même maniere. Divisez ce cercle en degrez, commençant du point A, qui est le point septentrional de la meridienne ; divisez en trois le demi-diametre A C, dont les deux tiers A D seront partagez en six intervalles pour y tracer du centre C des circonferences qui representeront les paralleles des signes du zodiaque ; la circonference H, sera pour le tropique d'été, & la plus proche du centre pour le tropique d'hiver ; chacune des autres sera pour deux signes également distans des tropiques, comme on voit par la figure 4.

On pourroit encore tracer les paralleles des signes, en faisant sur la ligne HD un demi-cercle, que l'on divisera en six arcs égaux, d'ou abaissant autant de lignes ponctuées paralleles sur H D, elle se trouvera divisée en parties inégales, & par ces points de division vous tracerez du point C, comme centre, des circonferences qui feront les intervales des paralleles des signes inégaux.

Pour marquer les lignes horaires servez-vous de la table ci-après, supputée pour les complemens au premier vertical pour la latitude de 49 d. parce qu'au lieu de compter la distance des azimuths depuis le premier vertical on les compte ici depuis le meridien. Pour marquer, par exemple, le point d'une heure après-midi ou d'onze heures du matin sur le tropique de cancer, on trouve que l'azimuth du soleil en ce tems-là est éloigné du meridien de 30 d. 17 m. & qu'au commencement du signe des gemeaux, ou à la fin du signe du lion, l'azimuth où se trouve le soleil à la même heure, est de 27 d. 58 m. & ainsi des autres ; c'est pourquoi mettez une regle au centre C, & sur le 30 d. 17 m. de la circonference extérieure divisée, pour marquer sur le tropique d'été le point d'onze heures du matin ; tournez la regle autour du centre du cadran & l'arrêtez sur le 27 d. 58 m. pour marquer sur le parallele des gemeaux & du lion le point d'onze heures ; mettez la regle sur le 23me d. 30 m. pour le parallele du taureau & de la vierge, sur le 19me d. 33 m. pour le jour des équinoxes, & ainsi des autres, conformément à la table.

Joignez tous les points d'une même heure par des lignes courbes bien adoucies & ne faisant aucun angle, qui seront les lignes horaires. Pour marquer les heures d'après midi prenez avec un compas les mêmes distances sur chaque parallele, & les transportez de l'autre côté de la meridiene, parce que les azimuths des heures également distantes de midi, font des angles égaux avec la meridiene.

L'éguille aimantée étant placée sur son pivot, il faut la couvrir d'un verre comme aux boussoles ordinaires.

USAGE.

TOurnez vers le soleil le côté B du cadran, jusqu'à ce que le style planté en ce point perpendiculairement sur la ligne de midi, fasse ombre tout le long de cette ligne. L'éguille aimantée étant arrêtée nord & sud, marquera l'heure qu'il est en l'intersection du degré du signe courant, si l'aiman n'a point de déclinaison.

Mais à present que l'aiman décline du nord à l'ouest de 13 d. on place le style sur la ligne de déclinaison K I au point E, & on a égard à l'ombre du style sur ladite ligne de déclinaison; alors l'erreur que pourroit faire la déclinaison de l'aiman sera rectifiée par ce moyen.

Table des verticaux du soleil, depuis le meridien à chaque heure du jour, pour la latitude de 49 degrez.

Heur.		XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		IV. VIII.	
Signes		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
♋		30	17	53	40	70	30	83	57	95	20	105.56		116.28		127.26	
♌	♊	27	58	50	33	67	34	81	6	92	45	103.35		114.56			
♍	♉	23	30	43	52	60	29	74	17	86	21	97.36					
♎	♈	19	33	37	25	52	58	66	57	78	34						
♏	♓	16	42	32	25	46	30	59	28	71	12						
♐	♒	14	56	29	11	42	23	54	26								
♑		14	19	28	2	40	48										

Methode de dresser des tables des hauteurs & des verticaux du soleil à toutes les heures du jour, à tous les jours de l'année, & pour telle latitude qu'on voudra.

CEtte methode est toute fondée sur des operations qu'on fait avec la regle & le compas dans la projection orthographique des cercles de la sphere, lesquelles operations sont d'autant plus justes que le plan de projection est plus spacieux. On appelle *projection orthographique* de la sphere la representation de tous les cercles dans le plan de quelque grand, comme ici dans le cercle A B C D, qu'on suppose d'un pied de diametre, pour la plus grande facilité.

XXXII. Planche. Fig. 5.

Ce cercle A B C D est pris pour le meridien du lieu pour lequel on travaille, le point C est celui du midi, D nord, A zénith, B nadir, & le point E centre du cercle pour les points est & ouest: la ligne C D l'horison du lieu. Cette projection en laquelle l'œil est supposé à une distance infinie en ouest, a cet avantage que tous les cercles de la sphere y sont decrits les uns par des lignes droites, les autres par des cercles, & que ces lignes & ces cercles se divisent aisément en leurs degrez & minutes par le compas & la regle. Les triangles spheriques du globe y sont en partie changez en rectilignes, & peuvent être calculez par la trigonometrie rectiligne. Afin de ne pas multiplier en vain les figures nous nous servi-

rons de la figure 5me planche 32me déja destinée à d'autres fins. Soit donc à dresser une table des hauteurs du soleil à toutes les heures de differens jours pour la latitude de 49 d. En cette figure 5me comptez de C en G 41 d. du côté du midi pour la hauteur de l'équateur, & tirez du centre la ligne G E qui le represente. De G en H comptez 23 d. & demi pour le premier degré ou tropique du cancer vers le zénith A ; & de H tirez une parallele à G E qui representera le parallele du solstice d'été. De l'autre côté de G en I comptez encore 23 d. & demi pour le premier degré ou tropique du capricorne, & tirez de I une parallele à G E qui representera le parallele du solstice d'hiver, & ainsi des autres paralleles des signes & de leurs degrez, ayant égard à leur déclinaison de l'équateur vers le nord ou vers le sud. Du point E comme centre comptez de D en F la hauteur du pole de 49 d. nord, & tirez par E & F l'axe du monde. Toutes les lignes paralleles à l'équateur G E qui viendront couper l'horison C D marqueront par leurs intersections le point du lever & du coucher du soleil, ses amplitudes orientales & occidentales, la longueur des jours & des nuits, quand le soleil sera en ces paralleles, en divisant cet horison en degrez comme nous dirons par la suite. On veut, *par exemple*, dresser une table des hauteurs du soleil à toutes les heures du jour au premier degré d'*aries*, c'est-à-dire, au 20 Mars, comme on l'apprend des tables ci-dessus page 254 & suivantes. Divisez le quart de cercle G F de 15 en 15 d. pour chaque heure, & de 7 d. & demi en 7 d. & demi pour les demies, si on veut. De ces divisions b, sb, g, ct, d, F, tirez à l'équateur ou parallele du premier degré d'*aries* autant de perpendiculaires, pour ne pas embarasser la figure nous ne marquerons que les perpendiculaires d, z, F E, pour les dernieres heures dudit jour 5 & 6 h. du soir & 6 & 7 h. du matin, ces lignes d, z, F E & autres tirées sur G E divisent l'équateur G E en ses degrez & heures. Du point z tirez une parallele à C E, son intersection avec le cercle C A D divisé en ses degrez & minutes à compter de C vers A marquera le degré de la hauteur du soleil à 7 h. du soir & 5 h. du matin le 21 Mars, ou quand le soleil sera au premier degré d'*aries* & de *libra*, sous la latitude de 49 d. nord. Vous en ferez de même des points b, sb, g, ct, pour avoir les hauteurs du soleil à 1, 2, 3 & 4 h. du soir à 11, 10, 9 & 8 h. du matin. Maintenant du point F, tirez aussi une perpendiculaire à G E pour avoir la hauteur du soleil de la maniere que nous avons dit ; mais parce que cette perpendiculaire coupe l'équateur G E en son intersection avec l'horison C D, il s'ensuit qu'à cette heure le soleil n'a pas d'élevation sur l'horison, & qu'à 6 h. du matin & du soir aux jours & latitude susdites le soleil à o pour hauteur, se leve & se couche à ces mêmes heures.

On conçoit aussi qu'en ce jour la hauteur du soleil à midi est celle de la ligne G E parce que c'est en G que le cercle meridien C A est coupé, c'est la même regle pour tous les paralleles à l'équateur. On veut, *pour 2me exemple*, dresser une table des hauteurs du soleil pour toutes les heures du jour au quel il est au premier degré du cancer, les tables de déclinaison page 254 & suivantes vous marquent le 21 Juin à la latitude susdite. Vous avez déja tracé du point H distant de 23 d. & demi de l'équateur vers le nord la parallele qui convient & que le soleil decrit en ce jour. Maintenant du point où cette ligne H coupe l'axe du monde E F, decrivez une portion de cercle H, ff, ss, que E F prolongé coupera en ff, divisez cette portion de cercle

cercle à commencer du point H de 15 en 15 d. pour les heures de ce jour, vous aurez les points de division l,m,n,x,p,ff,ſt,ſſ; de ces points tirez ſur la parallele à l'équateur H autant de perpendiculaires que vous pourrez juſqu'à ce que ces perpendiculaires ne rencontrent plus le parallele H ſur l'horiſon C D, & vous aurez diviſé ce parallele H en ſes heures & degrez : pour éviter la confuſion je ne marque ici que les deux dernieres lignes ſt,&, pour 5 h. du matin & 7 h. du ſoir, ſſ,w, pour 4 h. du matin & 8 h. du ſoir en comptant du midi en H. Du point &, où la ligne H eſt coupée, tirez la parallele à C D vers C, le degré qui ſera coupé en comptant de C vers A, ſera celui de la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon de 49 d. à 5 h. du matin & à 7 h. du ſoir le 21 Juin, auquel le ſoleil eſt au premier degré du cancer. Faites-en de même pour toutes les autres heures. Enfin du point w, où la perpendiculaire ſſ,w, coupe la ligne H tirez de même une parallele à C D qui coupera le cercle C A au degré de la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon à 4 h. du matin & 8 h. du ſoir au jour ſuſdit; mais parce que cette parallele à C D eſt la même que l'horiſon C D, il s'enſuit que le ſoleil a o de hauteur à ces heures, & qu'il ſe couche aux lieux & jour ſuſdits à 8 h. du ſoir & ſe leve à 4 h. du matin.

Faites la même choſe pour tous les jours de l'année, & écrivez les differentes hauteurs de ſoleil que vous avez trouvé par les operations aux differens jours & heures, le tout dans l'ordre que vous voyez à la table que nous en avons donné ; & vous aurez des tables de hauteurs de ſoleil que vous ſouhaitez, qui vous donneront auſſi la longueur des jours & des nuits, les heures du lever & du coucher du ſoleil à differens jours. Ces operations ſeront plus juſtes ſi le cercle A B C D eſt d'un pied de diametre, & s'il eſt tracé ſur une ardoiſe, ſi les lignes ſont tirées avec juſteſſe, & les cercles diviſez de même.

C'eſt ſur ces principes que la hauteur du ſoleil connue, le jour de l'année & la latitude données on connoîtra l'heure du jour ; car ſoit la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon donnée le 21 Juin, telle que la marque la ligne &, parallele à C D ſur le cercle C A; tracez cette parallele de ce point de hauteur, elle coupera le parallele du premier degré du cancer en &, duquel élevez la perpendiculaire &, ſt, enſuite du point d'interſection du parallele du cancer H ſur l'axe du monde faites avec H l'arc H,ff,ſſ, que vous diviſerez de 15 en 15 d. pour les heures à compter de H vers ff,ſſ, & vous trouverez 7 fois 15 d. juſqu'à la ligne ſt; ce qui vous montrera qu'il étoit ou 5 h. au matin ou 7 h. au ſoir, le 21 Juin quand vous avez obſervé la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon.

On peut même ſouvent employer la trigonometrie rectiligne pour calculer les angles : il n'y a qu'à jetter les yeux ſur la figure 5me, & lire avec quelque attention les regles, dont nous pourrons donner un abregé au livre 9me. Fig. 5.

Pour dreſſer des tables des verticaux du ſoleil à toutes les heures des jours de l'année pour telle latitude qu'on voudra, comme ici à celle de 49 d. nord, au 21 Mars : Prolongez la ligne z parallele à C D, de ſorte qu'elle coupe le cercle C A & la ligne A B ; prenez avec le compas la longueur de cette ligne z entre les deux interſections qu'elle fait ſur C A & A B, portez le compas ainſi ouvert un pied au centre E, & de l'autre decrivez un arc de cercle de la ligne C D vers B ; enſuite du point z ſur

l'équateur tirez la perpendiculaire indéfinie ſur CD vers B, le point où cette perpendiculaire coupera l'arc de cercle que vous venez de faire ſera tel qu'en tirant d'icelui une ligne au centre E, vous y ferez un angle avec l'horiſon CD égal au vertical du ſoleil à 7 h. du matin & à 5 h. du ſoir le 21 Mars à la latitude de 49 d. nord. C'eſt pourquoi appliquez le centre d'un rapporteur en E & ſa ligne o le long de CD vers C, vous aurez l'angle du vertical du ſoleil par la ligne que vous avez tirée du centre E à l'interſection de la perpendiculaire z avec l'arc de cercle que vous venez de faire. Faites ainſi de tous les points ſur l'équateur, deſquels vous tirerez des perpendiculaires à CD vers B, leſquelles vous couperez avec les ouvertures de compas que vous trouverez & placerez comme vous venez de faire pour la ligne z. Pareillement & enfin du point E ſur l'équateur tirez une perpendiculaire à l'horiſon, cette perpendiculaire étant la même que AB, j'en conclus qu'à 6 h. du ſoir aux jours & latitude ſuſdits, le ſoleil fait un angle de 90 d. avec le meridien C, que tel eſt ſon vertical, & qu'il ſe couche au veritable oueſt, comme il ſe leve au veritable eſt.

Pour avoir les verticaux du ſoleil quand il eſt au 1 d. du ♋, c'eſt-à-dire, au 21 Juin en la latitude ſuſdite & à toutes les heures du jour: Prolongez la ligne &, parallele à CD de part & d'autre, & prenez avec le compas ſa longueur depuis le point de ſon interſection ſur AB, juſqu'à ſon interſection ſur CA; portez le compas ainſi ouvert un pied en E, & de l'autre faites un arc de cercle de C vers B aſſez grand & juſques par-delà la ligne EB; enſuite du point &, abaiſſez ſur CD, & prolongez vers B une perpendiculaire, le point où elle coupera l'arc que vous venez de faire ſera tel, que ſi vous en tirez une ligne vers E, vous aurez l'angle CE & ce point d'interſection pour l'angle du vertical du ſoleil à 5 h. du matin & à 7 h. du ſoir, le 21 Juin qui ſera obtus. Faites ainſi pour les autres heures en tirant des perpendiculaires des points marquez ſur le tropique & des arcs de cercle convenables, leurs interſections relatives donneront les verticaux du ſoleil ou les angles qu'il fait avec la meridiene à differentes heures. Pareillement enfin prolongez la ligne w, parallele à CD juſqu'à la ligne AB & CA, ouvrez le compas d'une interſection à l'autre, & portez le compas ainſi ouvert un pied en E, de l'autre decrivez un demi-cercle ou arc de cercle depuis la ligne CE juſques vers B & même vers D; enſuite du point w, abaiſſez ſur CD & prolongez vers B une perpendiculaire, le point d'interſection avec l'arc de cercle que vous venez de faire ſera tel que l'angle CE, & cette interſection ſera celui du vertical du ſoleil à 8 h. du ſoir & 4 h. du matin, le 21 Juin à la latitude de 49 d. nord; ou plutôt à ces heures & jour le ſoleil fera un ſemblable angle avec le meridien, & l'ombre d'un ſtyle droit fera un tel angle avec la meridiene. Ecrivez ces angles à côté des jours & ſous les heures, & faites vos tables comme vous en avez une, & comme nous avons dit ci-deſſus des tables des hauteurs.

Si des points E où l'équateur & ſes paralleles coupent l'horiſon CD, on tire des perpendiculaires juſqu'à la circonference CBD, les degrez du meridien qu'elles couperont feront ceux des amplitudes orientales & occidentales vers nord ou ſud, comme il conviendra, commencant à compter ces degrez depuis B vers C d'une part, & vers D de l'autre. Ainſi la perpendiculaire w tombe vers D, partant l'amplitude orientale & occidentale eſt vers le nord d'autant de degrez qu'elle en a coupé de B vers D,

& la perpendiculaire E B se trouvant sur o des divisions il s'ensuit qu'aux équinoxes il n'y a pas d'amplitude ; le soleil se levant & se couchant aux point est & ouest.

Il y a beaucoup d'operations à la verité, il en faut faire pour la moitié de l'année ; mais aussi cela est encore plus aisé & plus court que de faire des calculs infinis & deux analogies pour chaque heure de l'année qu'on veut avoir, au lieu qu'il ne faut ici que deux traits de compas pour chaque heure.

Par cette methode on trace encore fort commodément une ligne meridiene ; un seul point d'ombre étant donné, la déclinaison, la hauteur du soleil & la hauteur du pole connues en cette façon. Dans la figure 5 tirez une parallele à C D par le point sur C A de la hauteur connue du soleil sur l'horison ; l'intersection de cette ligne sur le parallele que le soleil decrit au jour de l'observation donnera un point , duquel on abaissera & prolongera vers B une perpendiculaire à C D ; ensuite prenez la distance depuis le point où A B & A C ont été coupez par la parallele que vous venez de tracer, & portez le compas ainsi ouvert un pied en E l'autre vers C, & decrivez un cercle vers B ; le point où ce cercle sera coupé par la perpendiculaire à C D donnera l'angle C E ; & ce point d'intersection égal à celui que l'ombre du style droit faisoit avec la meridiene au tems de l'observation ; par consequent avec le bout de l'ombre & le pied du style faites cet angle vers le côté que vous jugez opposé au nord, vous aurez une meridiene.

Construction & usage d'un cadran horisontal qui s'oriente par lui même.

CE cadran n'est autre chose qu'un horisontal ordinaire, sous lequel on attache une lozange aimantée comme on fait aux compas de mer ; le tout est porté sur un pivot, de sorte que la lozange aimantée se tournant au septentrion, le cadran s'oriente. Il ne faut que jetter les yeux sur une rose de vents de la figure 1, planche 20 ci-devant, & sur la figure 7 de la planche 32, pour concevoir tout l'artifice. A est le pivot, B la lozange attachée sous le carton C, ayant égard à sa déclinaison. D est un tuyau de carton attaché au carton C & au carton E, sur lequel est decrit le cadran, FK est l'axe, G est la chappe de cuivre ou de verre dans laquelle entre le pivot A. Parce que la lozange est plus basse que la chappe toute la machine tourne plus aisément & conserve mieux son niveau : le tuyau de carton devroit être double ; de sorte que l'un seroit tenu au carton C, & l'autre au carton E, ils entreroient justement l'un dans l'autre en forme de boëte ; & en tournant plus ou moins, on éloigneroit la pointe de la lozange aimantée vers l'orient ou l'occident d'autant de degrez que seroit la déclinaison de l'aiman : il faut que le tout soit bien leger. Le pivot A, est planté au fond d'une boëte ronde d'environ deux pouces, comme la figure 8, dans laquelle on met toute la machine, qu'on couvre d'un crystal semblable à celui des montres de poche ; de sorte neanmoins que les cartons tournent librement ; 2°. que le cadran soit à niveau du bord de la boëte, & que le crystal soit un peu plus élevé en convexité que le sommet de l'axe. La fig. 9 represente un couvercle de bois qui ferme la fig. 8.

Usage. On expose la boëte au soleil, aussi-tôt le cadran s'oriente, il se

met de niveau, & l'ombre de l'axe marque l'heure. Ce cadran n'eſt pas univerſel, & d'ailleurs il faut avouer que les rayons du ſoleil ſont un peu briſez par le cryſtal au-travers duquel ils paſſent, pour jetter ſur le cadran l'ombre de l'axe : c'eſt un petit inconvenient, l'erreur ne pouvant être bien ſenſible; mais il faut garantir la machine des agitations de l'air. On pourroit ſavoir de combien le cryſtal briſeroit les rayons du ſoleil en remarquant quelle heure marque le cadran decouvert à l'abri du vent, & remettant auſſi-tôt le cryſtal on verroit quelle difference il y auroit à l'heure que le cadran marqueroit avec & ſans ſon cryſtal. On auroit enſuite égard à cette difference toutes les fois qu'on regarderoit l'heure le matin ou le ſoir : cette difference ſeroit un peu plus grande que vers le midi.

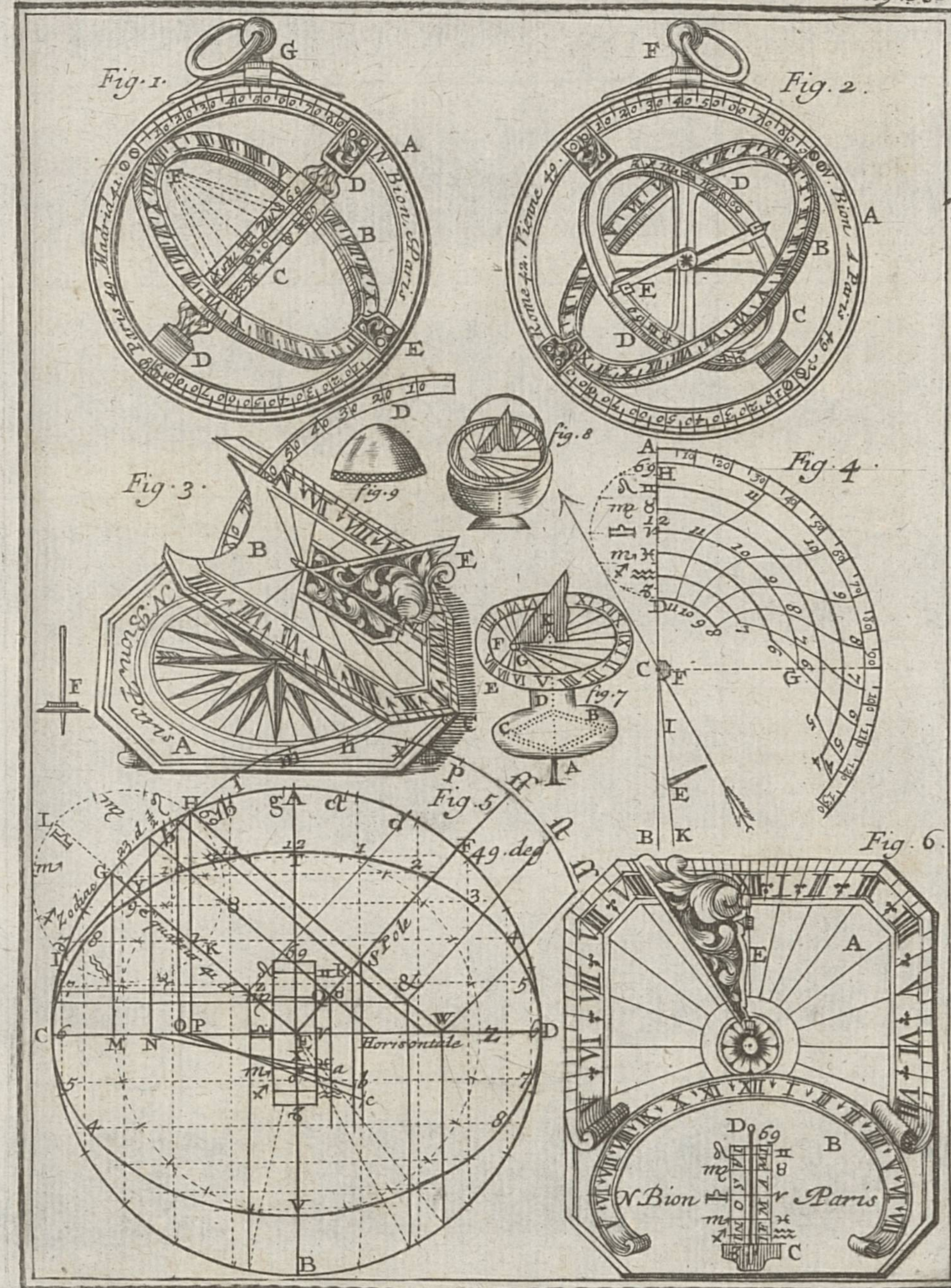
Conſtruction & uſage du cadran horiſontal analemmatique.

CE cadran ſe nomme analemmatique, parce qu'il ſe fait par le moyen de l'analemme, qni eſt la projection ou repreſentation des principaux cercles de la ſphere ſur un plan, comme nous avons dit.

La figure 5 eſt l'analemme, & la figure 6 repreſente le cadran tout fait, qui marque les heures ſans bouſſole.

Fig. 5. Pour conſtruire l'analemme ſur une plaque de laiton ou d'autre matiere bien droite & bien polie, de grandeur & épaiſſeur convenable, tirez premierement les lignes A B, C D, ſe coupant à angles droits au point E; duquel, comme centre, decrivez le cercle A C, B D repreſentant le meridien, ſon diametre C D l'horiſon, & A B le premier vertical. Du point D comptez juſqu'en F l'élevation du pole, qui eſt ici de 49 d. & tirez la ligne F E, repreſentant l'axe du monde; de l'autre côté comptez ſur le meridien de C en G l'élevation de l'équateur, qui eſt ici de 41 d. & tirez la ligne G E pour l'équateur; du point G comptez de part & d'autre juſqu'en H & en I 23 d. 30 m. pour la plus grande déclinaiſon du ſoleil, tirez la ligne H I, coupant l'équateur au point Y, duquel comme centre, vous decrirez le cercle H L I K, ou ſeulement ſa moitié, que vous diviſerez en 6 parties égales; par chaque point de diviſion tirez les paralleles à l'équateur, juſqu'à la ligne horiſontale; des ſections que font les paralleles ſur le grand cercle, abaiſſez des perpendiculaires, qui rencontreront l'horiſontale ès points M N O P, & des ſections faites par leſdites paralleles ſur l'axe E F, abaiſſez des perpendiculaires indéfinies S *c*, R *b*, Q *a*; ouvrez enſuite le compas de l'eſpace E M, & de cette même ouverture poſez un pied ſur N, & de l'autre coupez par un petit arc la ligne Q *a*; poſez un pied ſur O & coupez la ligne R *b* par un petit arc au point *b*; puis toujours de la même ouverture E M poſez un pied en P, & de l'autre pointe coupez la ligne S *c* au point *c*. Pour conſtruire le petit zodiaque, prenez la diſtance *o c*, que vous porterez de E vers A & vers B, pour les tropiques de ♋ & de ♑; prenez la diſtance 4 *b* & la portez de même au point E, pour la parallele des ♊ d'un côté, & celui de ♒ de l'autre; prenez enfin la diſtance X *a* pour marquer du même point E d'un côté le parallele de ♉, & de l'autre celui des ♓, c'eſt-à-dire, qu'il faut prendre les diſtances X *a*, 4 *b*, *o c* ſur les lignes N *a*, O *b*, P *c*, depuis leur interſection X 4 *o*, avec la meridiene juſqu'aux extremitez *a b c*, & les porter chacune ſucceſſivement au point E à droite & à gauche ſur le petit zodiaque que vous formerez comme il ſe voit en la figure. Pour avoir

Planche Trentedeuxieme



les points des heures, du centre E, & de l'intervale EM, décrivez le cercle MTZV, divisez-le en 24 parties égales, aussi-bien que le grand cercle ABCD, & de chaque division opposée tirez des lignes droites, savoir, celles du grand cercle, paralleles à la ligne AB, & celles du petit cercle paralleles à la ligne CD; les sections de ces lignes seront les points des heures, il faut entendre les sections les plus proches du grand cercle; tracez par ces points une courbe adoucie qui en ce cas est une ovale comme la figure le montre. Les heures du matin sont à gauche, & celles du soir à droite. Pour avoir les demi-heures on divise les cercles en 48 parties égales, & en deux fois autant pour avoir les quarts.

Le tout étant ainsi preparé, transportez avec un compas sur une autre plaque de laiton figure 6, toutes les sections des heures, formez-y l'ovale B, en la traçant legerement de point en point, & gravez-y les heures comme elles sont marquées en ladite figure 6.

Transportez-y aussi le trigone des signes, prenant avec un compas toutes les distances l'une après l'autre, de telle sorte que les signes de ♈ & ♎ soient dans la ligne de 6 h. placez-y les caracteres des signes & les premieres lettres des mois chacun en leur ordre. Le milieu du trigone doit être fendu pour y faire couler un curseur C, qui porte le style droit D, qui se leve & se couche par le moyen de deux petits tenons.

Sur l'autre partie de la même plaque on y trace un cadran horisontal, suivant les regles ordinaires pour la même latitude qu'a été faite l'analemme; on y place le style ou axe E, perpendiculairement sur la ligne de midi, que se leve, se baisse & se tient droit par le moyen d'un ressort qui est sous la plaque.

USAGE.

Placez ce cadran bien parallele à l'horison, mettez le curseur avec son style droit sur le jour du mois ou sur le degré du signe que le soleil parcourt; tournez l'instrument jusqu'à ce que les deux cadrans s'accordent & marquent la même heure.

Si, par exemple, le style droit du cadran analemmatique marque 10 h. du matin, il faut que l'axe du cadran horisontal marque pareillement 10 h. En ce cas ce sera la veritable heure. La commodité de ce cadran est qu'il marque l'heure sans ligne meridiene, & sans éguille aimantée; mais pour bien faire il faut qu'il soit un peu grand.

Construction du cadran polaire, oriental & occidental universel.

XXXIII. Planche. Fig. 11.

Cet instrument est composé d'une piece circulaire de cuivre ou autre metal bien droite & bien égale d'épaisseur, un peu forte pour conserver son poids perpendiculaire, & pour y faire une rainure autour du bord, dans laquelle doit couler un pendant semblable à celui que nous avons decrit pour l'anneau astronomique.

Du centre de cette piece decrivez la circonference d'un demi-cercle & la divisez en deux fois 90 d. Du point 90 & par le centre tirez une ligne droite qui sera l'équinoxiale; vers le haut de cette ligne choisissez un point à volonté, duquel vous tirerez une perpendiculaire sur l'équi-

noxiale, qui sera la ligne de 6 h. Pour avoir les autres heures portez sur ladite équinoxiale, de part & d'autre, du point d'intersection, les tangentes convenables, comme celle de 15 d. pour les points de 5 & de 7 h. la tangente de 30 d. pour 4 & 8, celle de 45 pour 3 & 9. Cette tangente qui est égale au rayon est la longueur du style, dont l'extremité doit repondre perpendiculairement sur le point où la ligne de 6 h. coupe la ligne équinoxiale. Les heures de ce cadran sont paralleles entre elles & à l'axe du monde, comme nous avons dit ci-devant en parlant des orientaux & occidentaux, & se traçent de même.

Sur la ligne de 9 h. du matin, & de 3 h. après midi on ajuste aux points C, deux petits tenons de charniere pour y placer la piece marquée V, laquelle se couche sur la piece circulaire, & se leve de maniere qu'elles s'y arrête à angles droits. On marque sur cette piece les heures d'un cadran polaire depuis 9 h. du matin jusqu'à midi, & depuis midi jusqu'à 3 h. du soir. Nous ne parlerons point davantage de la division de ces heures, l'ayant expliquée ci-devant en son lieu, aussi-bien que la maniere de placer les signes sur tous ces cadrans orientaux, occidentaux & polaires.

En ladite figure les paralleles des signes sont divisez de 10 en 10 d. & on y a ajoute les premieres lettres des noms des mois chacun en leur place, vers le haut de la plaque circulaire, proche le point de 90 d.

On ajuste le style B avec une charniere, afin qu'il puisse se lever & se coucher sur ladite plaque; mais il faut qu'il se leve de maniere que sa pointe réponde juste sur le point de 6 h. en la ligne équinoxiale, comme nous l'avons dit, & que sa hauteur soit égale à la distance de 6 à 9 h. Cela se peut faire facilement par le moyen d'une petite queue faite de biais au bas dudit style qui l'empesche de se lever plus qu'il ne le doit.

Usage dudit cadran.

SI c'est avant midi, placez la petite ligne qui est au milieu du pendant sur le degré de l'élevation du pole du lieu où vous êtes, au quart où est écrit: *heures avant midi.* Levez le style & presentez votre cadran au soleil, le tenant suspendu par l'anneau, en sorte que le bout de l'ombre du style tombe sur le jour du mois courant; vous y verrez l'heure presente sur l'oriental ou sur le polaire.

Mais si c'est après midi, mettez le pendant sur la latitude du lieu, au quart où est écrit: *heures après midi.* Tournez le cadran au soleil de maniere que le bout de l'ombre du style tombe sur le degré du signe ou sur le jour du mois courant. Il y marquera l'heure presente sur l'occidental ou sur le polaire.

Il est aisé de remarquer que le cadran oriental étant retourné de cette maniere devient occidental, & que les heures se trouvent paralleles à l'axe du monde.

Voila à peu près la construction & les usages des cadrans portatifs qui s'orientent sans boussole ou sans ligne meridiene, les plus faciles à se servir. Je vais cependant donner en abregé la description de quelques autres que je fais, qui ne laissent pas d'être assez curieux, mais dont la construction est un peu plus embarrassante.

Cadran horiſontal portatif pour une élevation particuliere de pole, d'une conſtruction differente de celle des precedents.

LE premier de ces cadrans eſt un horiſontal de deux ou trois pouces en quarré, qu'on fait de cuivre ou de quelque autre metal, diviſé pour une élevation particuliere de pole, & dont l'axe qui marque les heures, eſt une ſoie arrêtée par un bout au centre dudit cadran, & l'autre bout s'attache au haut d'une lame de cuivre un peu forte, qui eſt placée à l'extremité du cadran ſur la ligne de 12 h.; cette lame ſe couche & ſe tient auſſi droite par le moyen d'un reſſort qui eſt deſſous ledit cadran; la hauteur de la coche pour retenir la ſoie, eſt égale à la tangente de la hauteur du pole, comme pour Paris, de 49 d.

Environ au quart de la hauteur de la lame on ajuſte un cercle d'une grandeur proportionnée à la grandeur de la plaque du cadran; ce cercle ſe ploye par le moyen d'une charniere, & de l'autre côté il y a un appui pour l'arrêter à la hauteur de l'équateur; qui eſt pour Paris 41 d. en ſorte que ce cercle ſe couche ſur la lame, & la lame ſur la plaque du cadran horiſontal; il faut ſur tout que le centre de ce cercle réponde juſte dans la ſoie qui ſert d'axe lorſqu'elle eſt tendue.

On diviſe ce cercle dans ſa concavité en heures, demies & quarts du cadran équinoxial, comme un des cercles de l'anneau aſtronomique; on paſſe la ſoie dans une très-petite perle ou une tête d'épingle, que l'on conduira ſur le ſigne que parcourt le ſoleil, & qui ſervira de curſeur pour marquer les heures dans le milieu de la concavité du cercle équinoxial.

Pour placer cette tête d'épingle ſur le ſigne ou le mois convenable, il faut avoir à part une petite regle de cuivre étroite, ſur laquelle on aura tracé les ſignes du zodiaque, & les quantiémes du mois, en la maniere qu'on les trace ſur la petite regle qui eſt au milieu des anneaux aſtronomiques; c'eſt-à-dire, que la déclinaiſon du ſoleil ſe prend de l'extremité du cercle équinoxial, & que le rayon de l'équateur doit partir en ligne droite du ſommet interieur dudit cercle, & les ſignes d'un côté & d'autre ſuivant leurs déclinaiſons.

Pour placer la petite perle au point où elle doit être pour marquer les heures, on place ladite regle, depuis le centre du cadran horiſontal, au long de la ſoie qui ſert d'axe, & on coule la petite perle ſur le degré du ſigne que le ſoleil parcourt, enſuite on retire la petite regle.

On trace une ligne perpendiculaire derriere la lame qui tient le cercle équinoxial, d'où on laiſſe prendre une ſoie, au bout de laquelle on aura attaché un petit plomb pour mettre le cadran de niveau. On peut rendre ce cadran univerſel, en ajuſtant une portion de cercle derriere la lame, & qui ſe couche deſſus par le moyen d'une charniere; cette portion de cercle doit être diviſée en degrez, & le haut de ladite lame, d'où pend le plomb, ſervira de centre; par ce moyen on pourra élever plus ou moins le côté du centre du cadran, ſuivant l'élevation du pole, en faiſant pendre la ſoie qui porte le plomb ſur la latitude du lieu. Il eſt bon de dire auſſi qu'on peut retrancher au cercle équinoxial les heures depuis 8 h. du ſoir juſqu'à 4 h. du matin, afin qu'il puiſſe ſervir au tems des équinoxes. L'ouvrier intelligent ſuppléra facilement à l'abregé de cette conſtruction,

dont on a omis la figure d'autant que le seul discours la peut fournir à l'imagination.

Usage dudit cadran.

AYant placé la petite tête d'épingle sur le signe ou sur le jour du mois, comme nous avons dit, on exposera le cadran au soleil, & on le tournera de côté & d'autre jusqu'à ce que la soie qui sert d'axe, marque la même heure sur le cadran horisontal, que la petite perle au milieu & dans la concavité du cercle équinoxial, & ce sera la veritable heure.

Nous faisons encore d'autres cadrans portatifs, comme un astrolabe horisontal, suivant la projection orthographique des cercles de la sphere, sur le plan de l'horison ; d'autres, suivant l'astrolabe de Royas, qui servent verticalement par le moyen d'un plomb ; des cadrans horisontaux faits par les hauteurs du soleil, qui s'orientent aussi sans éguille aimantée, dont les signes du zodiaque sont tirez en lignes droites & d'un même centre, & les lignes des heures en lignes courbes ; comme aussi d'autres cadrans portatifs qui sont assez curieux, dont je reserve à un autre tems de donner la construction & les figures.

Les cadrans horisontaux où les signes sont tracez, comme celui de la planche 30 figure 1, peuvent aussi s'orienter sans boussole, en plaçant au soleil ledit cadran, de maniere que l'ombre du style droit donne sur le degré du signe que le soleil parcourt ce jour-là ; mais ce qu'il y a d'incommode, c'est que la distance du signe de cancer est si petite avec les signes voisins, qu'on ne peut distinguer le quantiéme de 10 en 10 jours ; de sorte que quelque chose qu'on fasse il est presque impossible de faire un cadran portatif qui s'oriente sans boussole ou sans ligne meridiene, sans tomber dans un des deux inconveniens, ou d'avoir les heures fort serrées vers le midi, ou d'être de peu de précision dans le tems des solstices, à cause du peu de difference qui se trouve dans l'élevation & déclinaison du soleil en ces tems-là ; ce seroit promettre ce qu'on ne pourroit tenir que de se vanter de faire autrement.

CHAPITRE VI.

Contenant la construction & les usages des cadrans à la lune & aux étoiles.

Construction d'un cadran horisontal pour connoître l'heure à la lune.

Fig. 1. ON appelle cadran à la lune celui qui montre de nuit aux rayons de la lune, l'heure qu'il est au soleil ; c'est-à-dire, en quel cercle horaire est pour lors le soleil.

Ce cadran est composé de deux pieces de laiton ou d'autre matiere solide, de grandeur à volonté.

La platine inférieure marquée H, est en forme de parallelograme, & la supérieure marquée A, est circulaire & doit tourner autour de la partie ombrée & du centre marqué B. Sur la platine superieure sont tracées les heures

heures d'un cadran horisontal pour la latitude du lieu, suivant les regles ci-devant expliquées.

La platine inférieure porte un cercle divisé en 30 parties inégales pour les jours du mois lunaire. Pour faire cette division : Soit la ligne équinoxiale DE qui a servi à tracer le cadran horisontal, & son centre diviseur F, duquel ayant decrit le cercle ponctué G, divisez-le en 30 parties égales, ou la moitié en 15 ; la regle étant mise au centre F, tournez-la sur toutes les divisions dudit cercle, & marquez des points sur la ligne équinoxiale ; ensuite mettez la regle au centre B, & sur tous les points de division de la ligne équinoxiale, pour diviser le cercle H ; quand vous en aurez la moitié, transportez les mêmes divisions sur l'autre demi-cercle, & par ce moyen tout le cercle se trouvera divisé en 30 parties inégales pour les 30 jours du mois lunaire, autour desquels on gravera les chifres, comme la figure le montre.

Placez l'axe ou style BC, à la hauteur du pole du lieu & disposez-le de maniere qu'étant élevé il n'empêche pas la platine des heures de tourner autour du centre B ; savoir, en faisant que sa base n'outrepasse pas le demi-diametre de la circonference ombrée.

USAGE.

Il faut savoir le quantiéme de la lune par des éphemerides ou par le moyen des épactes, afin d'appliquer le point de 12 heures sur le jour de la lune.

On doit remarquer que la lune par son mouvement propre s'éloigne du soleil chaque jour vers l'orient d'environ 48 m. d'heure, c'est-à-dire, que si étant nouvelle ou conjointe au soleil elle se trouve un jour avec lui dans le meridien, le lendemain elle passera par ce même meridien environ trois quarts d'heure & quelques minutes après le soleil, ce qui fait que les jours lunaires sont plus grands que les jours solaires. On appelle jour lunaire le tems depuis le passage de la lune par le meridien jusqu'au passage immédiatement suivant. Ces jours sont fort inégaux à cause de l'irregularité du mouvement apparent de la lune.

Quand la lune est pleine, c'est-à-dire, opposée au soleil, elle se retrouve dans le même cercle horaire que le soleil, de sorte que si, par exemple, en ce tems-là le soleil étoit au meridien de nos antipodes, la lune seroit dans notre meridien, & marqueroit par consequent sur nos cadrans la même heure que feroit le soleil, s'il étoit sur notre horison. Mais cette conformité ne dure pas long-tems, puisqu'à chaque heure elle retarde d'environ deux minutes. De même si le soleil au tems de son opposition se couche sous notre horison, la lune lui étant diametralement opposée se levera, & ainsi du reste ; c'est pour remedier à son retardement qu'on a divisé ce cercle en 30 parties. Le point de 12 h. du cadran horisontal étant mis exactement vis-à-vis de l'âge de la lune, le cadran orienté par le moyen d'une boussole ou d'une ligne meridiene, marquera l'heure presente ; mais pour l'avoir plus exactement, il faudroit savoir si la lune est dans le premier, second ou troisiéme quart de son jour, afin de mettre le point de 12 h. à proportion en l'espace de son quantiéme de lune.

Cette même pratique sert aussi pour les verticaux, mais pour les équi-

noxiaux la division se fera en 30 parties égales, la roue mobile qui porte les heures en 24, & le reste de même que ci-devant.

La table qui est au bas de la plaque, sert aussi pour connoître l'heure au clair de la lune avec un cadran ordinaire.

Pour la construire tirez quatre lignes paralleles droites ou courbes longues à volonté, divisez l'espace II en 12 parties égales pour les 12 h. & les deux autres espaces KK en 15, pour y marquer les 30 jours lunaires, comme on voit par la figure 2.

USAGE.

VOyez à un cadran au soleil l'heure que la lune y marquera, puis sachant l'âge de la lune, voyez dans la table l'heure qui correspond vis-à-vis son âge, à laquelle ajoutez l'heure marquée par le cadran; si la somme des deux ensemble n'excede pas 12 ou bien son excès au dessus de 12, elle vous donnera la vraie heure.

EXEMPLE.

SUpposons que le cadran solaire marque 6 h. au clair de la lune, & que son âge soit de 5 jours ou de 20, on verra par la table vis-à-vis de ces chifres, 4 h. lesquelles ajoutées à 6 font 10, qui sera l'heure presente. Si à tel jour la lune marquoit 8 h. il seroit minuit.

Pareillement si la lune marquoit 9 h. à son 10me ou 25me jour, auxquels répondent 8 h.: 8 & 9 font 17; ôtez 12, restent 5 pour la vraie heure; & ainsi des autres.

On connoît l'âge de la lune par le moyen de l'épacte de l'année courante en cette maniere. A l'épacte, ajoutez le nombre des mois passez, commençant à Mars avec le nombre des jours du mois present; la somme sera l'âge de la lune, en rejettant les 30 s'il excede; comme, par exemple, l'an 1725, au 25 Mars, l'épacte étant 15, & le nombre des mois 1, la somme totale 41, de laquelle ôtant 30, restera 11, pour l'âge de la lune, en ajoûtant cependant 1, d'autant que la lune se joint au soleil plutôt presque d'un jour que ne donne l'épacte.

L'on trouve facilement des tables qui marquent les épactes, mais on pourra les connoître en ajoûtant 11 à l'épacte courante; si le nombre passe 30, ôtez 30, le reste sera l'épacte; & s'il est 30, comptez 1, & non pas 30. Cette maniere de trouver l'âge de la lune n'est pas si exacte que par le calcul des éphemerides.

Construction d'un cadran pour connoître l'heure aux étoiles.

LA figure 3 represente l'arrangement des principales étoiles qui composent la constellation de la grande ourse & celle de la petite ourse autour du pole, & de l'étoile polaire.

Le cadran aux étoiles, dont nous allons parler, se fait par la connoissance du mouvement journalier que font autour du pole, ou de l'étoile polaire qui n'en est presentement éloignée que de deux degrez ou environ, les deux étoiles de la grande ourse que l'on appelle ses gardes, ou la

claire du quarré de la petite ourse, comme elles sont marquées en ladite figure.

Pour la construction de ce cadran il faut premierement savoir l'ascension droite de ces étoiles, ou à quels jours de l'année elles se trouvent dans le même cercle horaire que le soleil; ce qui se peut connoître par le calcul astronomique ou par un globe, ou avec un planisphere celeste construit sur les nouvelles observations, en mettant sous le meridien l'étoile dont il s'agit, & en examinant quel degré de l'écliptique se trouve en même tems sous ce meridien.

Par cette methode on trouvera, par exemple, que l'ascension droite de l'étoile polaire pour l'année 1725 est 0 d. 39 m. 30 sec., dont la longitude est 24 d. 48 m. 2 sec. & la latitude 66 d. 3. m. 20 sec. septentrionale.

Le 21 Septembre, l'ascension droite du soleil est à 11 h. 54 m. 3 sec.

L'ascension droite de l'étoile de la grande ourse α 162 d. 50 m. 40 sec. en tems 10 h. 50 m. 21 sec.

L'ascension droite de l'étoile de la grande ourse β 177 d. 55 m. 45 sec. en tems 11 h. 51 m. 43 sec.

L'ascension droite de l'étoile la claire de la petite ourse 147 d. 34 m. 20 sec. en tems 9 h. 50 m. 34 sec.

Le 31 Mars, l'étoile polaire passe au meridien à 24 h. 1 m. 55 sec. ou à midi 1 m. 55 sec.

Le 3 Octobre, l'étoile polaire passe au meridien à 12 h. 2 m. 52 sec. ou à minuit 2 m. 52 sec.

Le 17 Aout, la claire de la petite ourse passe au meridien à 24 h. 3 m. 23 sec. ou à midi 3 m. 28 sec.

Le 13 Fevrier, la claire de la petite ourse passe au meridien à 12 h. 1 m. 46 sec. ou à midi 1 m. 46 sec.

Voilà l'état du ciel pour ces étoiles, pour cette année & pour les suivantes sans beaucoup d'erreur sensible pour ce cadran.

En ces deux jours de l'année ces étoiles marqueront les mêmes heures que le soleil; mais comme les étoiles fixes retournent au même meridien chaque jour plutôt que le soleil d'environ 1 d. ou 4 m. d'heure, ce qui fait 2 h. par mois; c'est ce qu'il faut remarquer pour avoir l'heure du soleil, qui est la mesure de nos jours.

Ces connoissances étant ainsi établies, il sera facile de construire un cadran aux étoiles en la maniere suivante.

Cet instrument est composé de deux plaques circulaires appliquées l'une sur l'autre; la plus grande a un manche pour tenir à la main l'instrument dans les usages qu'on en fait.

La plus grande roue qui a environ deux pouces & demi de diametre, est divisée en 12 pour les 12 mois de l'année, & chaque mois de 5 en 5 jours; de telle sorte que le milieu du manche réponde justement au jour de l'année auquel l'étoile, dont on veut se servir, a même ascension droite que le soleil. Si, par exemple, cet instrument est fait pour les deux gardes de la grande ourse, il faut que le 21me jour de Septembre soit vis-à-vis le milieu du manche; & s'il est fait pour la claire de la petite ourse, il faut que le 17 Aout ou le 13 Fevrier soit au milieu du manche; c'est pourquoi si l'on veut que le même cadran serve pour l'une & l'autre de ces étoiles, il faut rendre le manche mobile autour de ladite roue, afin de

Fig. 4.

l'arrêter où l'on voudra; ce qui est facile à faire par le moyen de deux petites vis.

La roue de dessus qui est la plus petite, doit être divisée en 24 parties égales, ou deux fois 12 h. pour les 24 h. du jour, & chaque heure en quarts, selon l'ordre qui paroît en ladite figure. Ces 24 h. se distinguent par autant de dents, dont celles où sont marquées 12 h. sont plus longues que les autres, afin de pouvoir compter les heures pendant la nuit sans lumiere.

A ces deux roues on ajoute une regle ou alidade qui tourne autour du centre, & qui déborde au-delà de la plus grande circonference.

Ces trois pieces doivent être jointes ensemble par le moyen d'un clou à tête, & percé de telle sorte qu'il y ait au centre un petit trou d'environ deux lignes de diametre pour voir facilement à travers, l'étoile polaire. Il est à propos que le mouvement de ces pieces soit un peu ferme, afin que chacune reste où l'on la met pendant l'observation.

USAGE.

TOurnez la roue des heures jusqu'à ce que la plus grande dent où est marqué 12 h. soit sur le jour du mois courant; approchez l'instrument de vos yeux, le tenant par le manche, en sorte qu'il ne panche ni à droite ni à gauche, & qu'il soit à peu près parallele au plan de l'équateur; & ayant vû par le trou du centre l'étoile polaire, tournez l'alidade jusqu'à ce que son extremité, qui passe au-delà des circonferences des cercles, rase la claire du quarré de la petite ourse. Si l'instrument est disposé pour cette étoile, la dent de la roue des heures qui sera sous l'alidade marquera l'heure presente, que vous pourrez connoître sans lumiere en comptant les dents depuis la plus grande qui est pour 12 h.

Cette étoile que nous appellons la claire de la petite ourse, est une des deux qui forment le derriere du quarré. Elle precede l'autre dans le mouvement journalier, & est moins éloignée qu'elle de l'étoile polaire. On fait la même operation pour les gardes de la grande ourse, quand l'instrument est fait pour ces étoiles.

Les deux étoiles, que nous appellons les gardes de la grande ourse, sont presque en ligne droite avec l'étoile polaire & sont de sa même grandeur. Ces deux étoiles servent beaucoup à la faire connoître.

CHAPITRE VII.

Contenant la construction d'un horloge à l'eau.

XXXIII Planche. Fig. 5.

CEt horloge est composé d'une espece de tambour ou boëte ronde, marquée B, faite de metail, bien soudée; dans laquelle il y a une certaine quantité d'eau préparée & plusieurs cellules qui ont communication les unes avec les autres par un petit trou qui est proche de la circonference, & qui ne laisse écouler l'eau qu'autant qu'il est nécessaire pour faire descendre peu à peu cette montre par son propre poids; elle est suspendue

aux points A, par deux ficelles fines & égales de grosseur, & qui sont entortillées autour de l'aissieu de fer marqué D, qui traverse à angles droits de part & d'autre le milieu juste du tambour, & qui en descendant sans faire aucun bruit, montre les heures par les deux bouts dudit aissieu. Les heures sont marquées des deux côtez de la boëte sur un plan vertical. Leurs divisions se font en cette maniere : On remonte le tambour en tortillant la ficelle, jusqu'à ce que le tambour soit au haut du plan où on veut commencer la division des heures ; puis on laisse descendre le tambour pendant 12 h. on se regle sur une bonne pendule ou sur un cadran au soleil ; on divise ensuite tout l'espace que l'aissieu a parcouru, en autant de parties égales qu'il s'est écoulé d'heures ou de demi-heures, puis on place les heures vis-à-vis ces parties.

Il se fait aussi de ces machines qui marquent les heures par une éguille qui tourne autour d'un cadran de pendule ordinaire, comme la même figure le montre. Cela se fait par le moyen d'une roue ou poulie de 4 à 5 pouces de diametre, qui est attachée derriere le cadran par une verge de cuivre ou d'acier qui la traverse au centre ; un des bouts de ladite verge est retenu dans un petit trou qui lui sert de support, & l'autre bout porte l'éguille qui marque les heures. Ladite éguille tourne par le moyen d'un cordon de soie torse un peu grosse, qui passe autour de la poulie & qui a un de ses bouts accroché à l'aissieu à l'endroit marqué H ; on attache à l'autre bout de la soie un petit plomb, comme F, alors le tambour descendant doucement, entraîne avec lui le crochet H, & fait tourner en même tems la poulie qui fait elle-même tourner l'éguille, laquelle par ce moyen marque l'heure qu'il est. La circonference de la poulie doit être proportionnée à l'espace ou distance que l'aissieu du tambour a occupé pendant 12 h. c'est-à-dire, qu'on prend avec une ficelle la longueur juste de cette distance, & on fait une poulie dont la circonference soit juste de la longueur de cette ficelle, alors la poulie & l'éguille auront fait un tour autour du cadran en 12 h. Quand le tambour descend un peu trop vîte, & que la montre avance, alors on met un plomb en F un peu plus pesant, & quand il va un peu trop doucement, il en faut mettre un plus leger. L'on fait aussi de ces montres qui servent de réveil-matin ; cela se fait par le moyen d'une détente qu'on ajuste au-dessous de l'horloge, & ayant placé l'aissieu sur cette détente, on met l'éguille sur l'heure qu'on veut s'éveiller, puis on remonte le tambour, & on replace l'éguille sur l'heure qu'il est ; le lendemain l'axe du tambour posant sur la détente le fera tomber, alors un cordon auquel est attaché un plomb, étant passé autour d'une petite poulie de cuivre, fait mouvoir une roue de balancier, qui par son mouvement fait frapper avec vîtesse un petit marteau sur un timbre, jusqu'à ce que le plomb soit en bas.

On ajoute une repetition fort simple à ces horloges. On fait couler dans deux rainures faites le long d'un des côtez de cet horloge une tringle de bois, de sorte qu'elle ne fasse qu'un même plan vertical avec un des côtez A E ; cette tringle est traversée d'une pointe verticale vers le haut, qui répond au haut du cadran vertical, de sorte que quand elle est tirée par le cordon C, la tringle descend, & la pointe s'arrête sur l'axe du tambour au point qu'elle le rencontre : & afin que son poids ne l'attire pas toujours vers le bas, à cette tringle est attachée derriere le cadran vertical une corde & un poids, qui

tournant sur une poulie retire toujours cette tringle vers le haut. A la surface opposée de cette tringle, c'est-à-dire, audedans de la boëte, elle est traversée d'autant de pointes & à distances égales des heures du cadran vertical ; vers le bas du dedans de la boëte est un pied-de-biche, qui se presente à ces pointes : ce pied-de-biche répond par une corde à un marteau qui frappe sur un timbre autant de coups que le pied-de-biche est rencontré & abaissé par les pointes ausquelles il se presente, quand par le cordon C la tringle est attirée vers le bas ; ce qui fait, que quand on tire le cordon C, on fait sonner autant de coups qu'il y en a depuis le haut du cadran vertical jusqu'au point où la cheville qui est en dehors joint l'axe du tambour qui l'arrête. Ainsi si ce cadran vertical commence par 1 h., on aura precisément autant de coups sonnez qu'il est d'heures marquées sur le cadran vertical jusqu'à 12, après quoi il faudra compter une, & suivre. Il faut tirer le cordon C assez lentement pour donner le tems au pied-de-biche de se remettre en état, & au marteau de frapper.

Si au même pied-de-biche, mais par-delà son centre, on y attache une corde à une bascule du même marteau, quand on lâchera le cordon lentement les pointes en remontant, feront frapper autant de coups qu'il y a de demi-heures passées. Ainsi si le nombre des coups en remontant est égal à celui des coups sonnez en descendant, il s'ensuivra qu'il est l'heure sonnée en descendant & une demie avec; si au contraire le nombre des coups en remontant est plus petit d'un, il s'ensuit qu'il n'est que l'heure qui a été sonnée en descendant & peut-être un quart avec. On conçoit bien qu'il faut que le pied-de biche pour le retour du cordon soit ajusté par experience pour convenir aux demi-heures.

Construction du tambour.

Fig. 6.

IL se fait quelquefois d'argent battu, mais pour le plus facile on le fait d'étain fin; le diametre de chaque fonds est d'environ 5 pouces, & tout le tambour a deux pouces d'épaisseur tout monté. Il doit être bien parallele & bien égal en tout sens ; le dedans est divisé en sept cases ou cellules, & quelquefois en cinq, comme la figure le marque. On ajuste autant de plans inclinez en languetes de même matiere, qu'on soude à chaque fonds & à la circonference concave du tambour; elles sont longues d'environ deux pouces chacune, comme BF, AL, EI, DH, CG. Elles ont une telle pente en tournant, qu'elles reçoivent l'eau par un petit trou qui est au haut de chaque languete vers la circonference, & la fait aller d'une cellule à l'autre ; à mesure que la machine roule en descendant, elle marque les heures sur un plan vertical par l'extremité de l'axe, qui comme nous avons dit, la traverse à angles droits en entrant en son milieu dans un trou quarrée M ; on met ordinairement dans les tambours de cette grandeur 6 à 7 onces d'eau distilée. Avant que de mettre l'eau, il faut avoir grand soin de bien souder les lames au fond & à la circonference ; on les soude d'abord sur un des fonds, comme la figure le represente ; puis on a un petit quarré d'argent qu'on ajuste aux deux fonds, & qui traverse le tambour, ensuite on soude la bande en cercle qui forme la circonference; de maniere que l'eau ne puisse sortir par aucun endroit. On la fait entrer par deux trous posez sur un même diametre, & éloignez également

du centre M, puis on les bouche bien, en les ſoudant de la même matiere, afin d'empêcher l'air d'entrer, & l'eau d'en ſortir dans les mouvemens que la machine fait en tournant avec ſon aiſſieu, & en deſcendant inſenſiblement par le dévelopement des deux cordes fines qui entortillent l'axe.

Cette conſtruction ſe fait de cette maniere, quand les tambours ſont faits d'argent; mais lorſqu'ils ſont faits d'étain, qui ſont les plus commodes, on fond dans un moule la circonference avec un des fonds, enſuite l'on tourne l'une & l'autre en-dedans & en-dehors, afin que le tout ſoit bien égal d'épaiſſeur, puis on acheve le tambour de la maniere que je viens d'expliquer, en ſoudant les cellules avec de la ſoudure d'étain, en ſe ſervant pour cela de petits fers chauds.

On voit par la figure 6, que les languetes ou diviſions qui ſont en-dedans du tambour ne viennent point ſe joindre l'une à l'autre, mais finiſſent en G, H, I, L, F, afin que lorſqu'on remonte le tambour l'eau paſſe vîte d'une diviſion dans l'autre, de ſorte que le tambour reſte à telle hauteur qu'on le voudra, parce qu'à chaque mouvement qu'on lui donnera en le remontant, l'eau paſſant en groſſe quantité par les vuides qui ſeront de G en M, elle prendra auſſi-tôt ſon équilibre, ce qui n'arriveroit pas ſi les caſes étoient abſolument fermées; les petits trous qui ſont aux extremitez des languetes, n'étant pas ſuffiſans pour faire écouler l'eau auſſi promptement qu'il le faudroit; l'eau ne paſſant que goutte à goutte par les petits trous.

Il eſt évident que ſi cette pendule étoit ſuſpendue par ſon centre de gravité, comme il arriveroit ſi la ſurface de l'aiſſieu paſſoit exactement par le centre de la machine, elle demeureroit immobile, & que ce qui la fait mouvoir eſt qu'elle eſt ſuſpendue hors de ſon centre de peſanteur par les ficelles qui entourent ſon aiſſieu, qui ne doit avoir, par rapport à la grandeur du tambour & à l'eau qu'il contient, qu'environ une ligne ou une ligne & demie de groſſeur, & être bien égal en toute ſa longueur; il n'eſt pas neceſſaire d'avertir qu'il doit être quarré par le milieu, afin de remplir juſte le trou des fonds du tambour.

De la groſſeur de l'aiſſieu dépend la vîteſſe ou la moderation du mouvement du tambour; car plus l'axe eſt gros, plus il deſcend vîte, & moins il a de diametre, plus il va lentement, en ce qu'il y a plus ou moins d'excentricité, & par conſequent l'eau paſſe plus ou moins vîte d'une cellule à l'autre, ce qui fait que la force de ſon mouvement ſe trouve plus ou moins balancée par la peſanteur de l'eau que contient la cellule oppoſée.

Si on vouloit avoir le plaiſir de voir la circulation de l'eau dans une de ces machines, on pourroit faire faire un tambour, dont il y eût un des fonds qui fut vitré; toute la difficulté ne ſeroit que de trouver un maſtique qui put faire tenir les morceaux de glace qui compoſeroient ce fond ſur le metail du tambour.

Pour monter cette montre, quand elle eſt deſcendue preſqu'au bas des cordes, il faut la hauſſer avec la main en la faiſant tourner, en ſorte que les cordes s'entortillent tout au long de l'aiſſieu également, & qu'il ſoit ſuſpendu horiſontalement.

J'ai dit qu'il falloit que l'eau qu'on met dans les tambours fût diſtilée, autrement il faudroit la changer ſouvent, en ce qu'il ſe formeroit un limon ou craſſe autour des petits trous, qui empêcheroit l'eau de paſſer comme il faut.

Pour distiler l'eau facilement sans feu, on la fera passer dans une bouteille de verre ou de terre bien nette, mettant dans son ouverture un entonnoir de telle grandeur qu'on voudra, & on mettra dedans deux morceaux de papier blanc faits aussi en entonnoir, puis ayant mis l'eau on la fera passer goutte à goutte dans la bouteille, & ayant repeté cette operation plusieurs fois, l'eau deviendra pure & claire & se conservera long-tems : on filtre encore l'eau au travers d'un morceau de drap, & l'ayant fait repasser quatre à cinq fois, on lui ôtera toute sa crudité & son impureté.

On peut mettre un peu d'eau distilée avec du thim ou du romarin, ou de l'esprit-de-vin parmi l'eau, pour l'empêcher de geler l'hiver, mais comme cela la rendroit un peu mordiquante, & par ce moyen pourroit faire agrandir les trous des cellules, j'aimerois mieux la laisser seule, & mettre la machine à un endroit où elle ne pût pas geler dans le grand froid.

On peut faire de ces sortes d'horloges, dont le tambour seroit enfermé dans une boête à pendule ordinaire, dont le mouvement pourroit être tellement ralenti, en diminuant la grosseur de la ficelle & celle de l'aissieu du tambour, qu'il ne descendroit en 24 h. que d'environ 10 pouces; & qui sonneroit les heures, & marqueroit les autres choses que marquent les pendules à roues, les plus curieuses.

XXXIII Planche. Fig. 8.

Si le tuyau du milieu du tambour est rond au lieu qu'on le fait quarré, il faudra y passer un axe rond qui porte une éguille à une de ses extremitez. Alors si on met ce tambour sur & au bord d'un plan incliné, le tambour descendra tout doucement, & l'éguille qui est attachée à son axe restant toujours perpendiculaire à l'horison par son propre poids, marquera l'heure sur le bord du plan incliné à mesure que le tambour descendra, pourvu qu'on ait eu soin de diviser en 12 parties l'espace que le tambour aura parcouru en 12 h. Il faut pour cela que le tambour soit bien tourné & d'égal diametre à un fond & à l'autre, & que le plan incliné soit bien poli & égal. Pour remonter le tambour, il n'y aura qu'à le porter au haut du plan & le mettre sur l'heure ; il ne faut ni corde ni contre poids pour cet horloge, qui sera soutenu sur le plan par le contrepoids de l'eau, laquelle s'écoulant lentement d'une case à l'autre, fera perdre l'équilibre au tambour avec lenteur.

CHAPITRE VIII.

Contenant la construction d'un cadran pour connoître le vent qui soufle, sans sortir de sa chambre.

IL faut attacher au plancher de la chambre ou au manteau de la cheminée, ou bien à une muraille, un grand cercle divisé en 32 airs ou rumbs de vents, en sorte que le nord & sud répoude à la ligne meridiene, ce qu'on pourra facilement faire par le moyen d'une boussole ; il faut que ce cadran ait une éguille mobile autour de son centre, comme les cadrans des horloges ordinaires, & que cette éguille soit attachée à un aissieu perpendiculaire à l'horison qui se puisse mouvoir facilement au moindre vent, & ce par le moyen d'une girouette qui doit être placée au-dessus du toît de la même chambre ; car le vent faisant tourner la girouette fera aussi tourner son

aissieu

aissieu & en même tems l'éguille qui lui est attachée, laquelle de cette maniere montrera sur le cadran le vent qui soufle.

Par le mouvement de la girouette A B, qui doit être de fer, & fixement attachée avec l'aissieu C D, cet aissieu aussi tourne avec elle. Cette branche de fer est posée verticalement à l'horison, & soutenue en haut par le plan horisontal EF, qui est une piece de fer attachée à quelque endroit pour maintenir l'aissieu. Au bas dudit aissieu est posé un quarré d'acier G H, sur lequel est frappé un coup de pointeau pour faire entrer la pointe de l'axe qui doit être d'acier trempé, sur lequel il s'appuie en D; de sorte que ne s'appuyant presque que sur un point, il puisse se mouvoir avec beaucoup de facilité & au moindre vent. Le pignon I K doit avoir seize aîles cannelées & égales pour les seize principaux vents, & dans lesquelles on fait engrainer les dents du rouet L M, qui en a 16 aussi, suivant les vents marquez au cadran, & qui par ce moyen est mis en mouvement par la girouette, & fait aussi tourner son aissieu P Q, qui étant posé parallele à l'horison, traverse le mur T à angles droits aussi-bien que le cadran qu'on attache à la muraille. L'éguille R, qui marque les vents, est attachée au bout de cet aissieu & fait le même mouvement que lui. Les noms des vents doivent être distinguez au cadran par des lettres capitales, comme aux boussoles dont nous avons parlé ci-devant. Fig. 7.

L'on voit par la disposition de toute la machine que le vent faisant tourner la girouette A B, elle entraîne avec elle le grand aissieu C D, qui fait aussi tourner en même tems le pignon I K, auquel engrainent les dents du rouet L M, lequel le faisant tourner aussi-bien que son axe, entraîne par consequent l'éguille qui lui est attachée à son extremité; & par ce moyen on a le plaisir de savoir le vent qui regne, sans sortir de sa chambre.

Quand le lieu où l'on veut placer le cadran est un peu éloigné du haut de la maison où doit être toujours placée la girouete, on peut allonger le grand axe tant qu'on voudra avec des vis, & même faire des renvois par des pignons & des roues; tout cela est facile à entendre.

Construction d'un anemometre pour connoitre la force du vent.

Faites un chassis A B, au haut duquel soient percez 2 trous pour recevoir dans l'épaisseur des 2 montans A B l'aissieu C, qui porte la roue à vent D, en son milieu, entre les montans la poulie E, & au bout l'éguille F. Le cadran G est attaché ferme au montant B, & divisé en 32 parties; il a son centre percé comme le montant, & traversé par l'aissieu C. On attache à chaque montant 2 traverses H I; celle H est percée à plomb sous le creux de la poulie E; celle I de même, mais d'un plus grand trou. Faites passer le tuyau K dans les trous des traverses H I en L M, pour faire tourner librement le chassis sur le tuyau; arrêtez bien le tuyau sur l'endroit exposé au vent; attachez une corde à la poulie E, laquelle passera dans le tuyau jusqu'à ce qu'elle vienne joindre & tourner sur une poulie dont l'aissieu portera l'éguille du cadran: le reste de cette corde sera chargé de plusieurs petits poids en chapelet, & posé sur un plan horisontal. Quand le vent souflera, la poulie E enlevera les petits poids en nombre suffisant pour faire contrepoids à la violence du vent: cette corde ainsi tirée fera tourner l'éguille, & marquera le degré de force du vent. On attachera une maniere de girouette au montant B, qui fera tourner les aîles ou la roue au vent D du côté convenable. XXXIII Planche. Fig. 9.

Fin du huitiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS INSTRUMENS DE MATHEMATIQUE, DE PHYSIQUE, & de machines differentes, qui ont raport à ce traité.

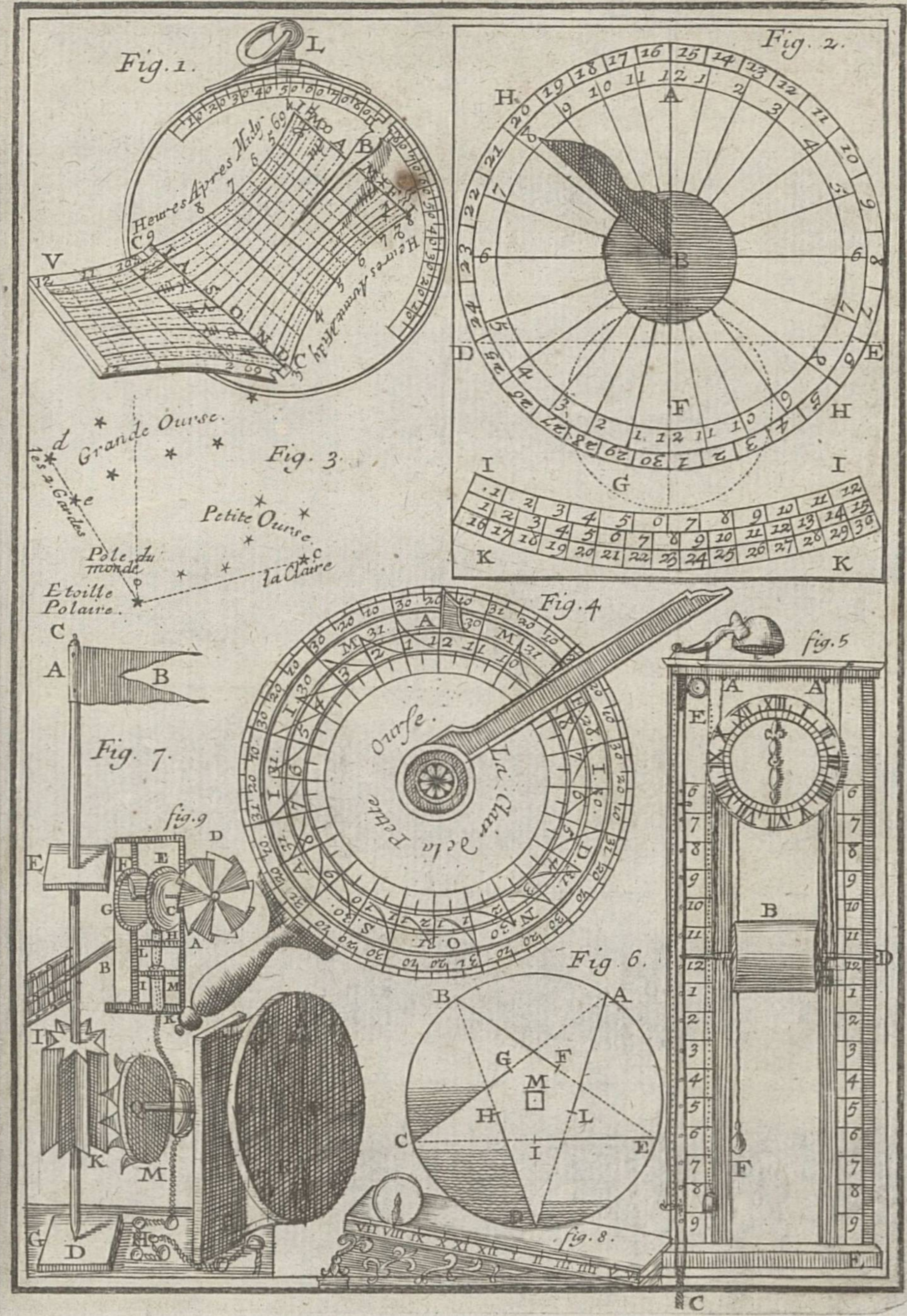
LIVRE NEUVIE'ME.

CHAPITRE PREMIER.

Construction du compas pour tracer les grandes circonferences de cercle.

XXXIV Planche. Fig. 1.

LA figure 1 represente le petit compas pour tracer de très-grands cercles, soit dans la fortification soit dans l'architecture. Cette machine inventée par Mr Perrault qu'il a communiquée au public dans son Vîtruve consiste en trois pieces, qui sont deux roues A, C, & l'aissieu B. Ces deux roues ne sont pas d'un même diametre ; A est la plus grande, attachée à l'axe ou aissieu marqué BHI; C est l'autre roue plus petite, & qui peut couler le long de l'axe & être arrêtée par la vis D sur le degré qui marque le diametre du cercle, de la circonference duquel on veut decrire une portion. Ces roues ont chacune deux tranchans, dont l'un est aigu pour marquer la ligne simple E, l'autre est dentelé & marque la ligne ponctuée G : les dents sont pour empêcher que la machine ne vacille, lors-


Fig. 1.
Heures Apres Midy
Heures Avant Midy
Fig. 2.
Fig. 3
Grande Ourse
Petite Ourse
les 2 Gardes
Pole du monde
la Claire
Etoille Polaire
Fig. 4
Ourse
La Claire de la Petite
fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
fig. 9
fig. 8

qu'on appuie sur l'axe pour faire qu'en roulant, elle imprime sa route, qui fait les traces. H I est l'échelle gravée sur l'axe où sont les degrez qui marquent les toises, les pieds & les pouces, qu'a le diametre du cercle dont on veut decrire une portion. Car à mesure qu'on fait approcher la roue mobile C de l'extremité I de l'axe, la machine decrit la portion d'un plus grand cercle, parce que ces deux roues inégales en diametre representent un cone tronqué, dont la portion est celle d'un cone d'autant plus long que les roues sont plus éloignées l'une de l'autre. On sait que de deux cones qui ont une même base, celui dont le sommet est plus éloigné de la base, decrit avec la circonference de sa base un plus grand cercle lorsqu'on le fait rouler sur un plan, que ne fait celui dont le sommet est plus proche de la base & qui est plus court. Les divisions sur l'axe de H en I se font par experience, quoiqu'il soit possible de les faire par le calcul. On peut tracer un cercle de trente toises de diametre avec un pareil compas de quinze pouces.

Usage, éloignez une roue de l'autre d'autant de divisions qui seront marquées & que vous souhaiterez sur l'axe, serrez la vis D, & appuyant sur l'axe entre les deux roues, faites rouler la machine sur un plan egal, sur lequel ces roues peuvent marquer comme leurs routes, vous decrirez le cercle demandé. La figure fait voir que plus ces roues seront éloignées l'une de l'autre, plus le cercle sera grand en diametre.

Pour tracer le fust des colonnes leurs retrecissemens ou renflemens, on se servira du compas à verge à trois pointes dont nous avons parlé au livre 3me.

VIII. Planche. Fig. L.

CHAPITRE II.

Des machines hydrauliques.

LEs principales machines hydrauliques sont destinées à élever l'eau, & elles sont ou simples, ou composées; je mets au rang des simples les roues creuses, les chapelets, & les vis d'Archimede : les composées sont les pompes telles qu'elles puissent être.

Construction d'une roue propre à élever l'eau.

XXXIV Planche. Fig. 2.

ATtachez à la circonference de la roue ABC plusieurs auges un peu obliquement, de sorte que quand la roue tourne sur son aissieu, ces auges puisent l'eau inferieure pour la décharger tour à tour dans le vaisseau commun D, qui est un peu plus éloigné de la roue afin de laisser passer ces auges vuides en descendant.

Usage. Si on attache des aîles de moulin ordinaire à cette roue en les plaçant sur le courant d'une riviere, elle tournera & enlevera l'eau; mais au deffaut d'un courant comme sur le bord d'un reservoir, on ajoutera à cette roue & sur son aissieu une autre roue comme celle qu'on met aux grues pour élever les fardeaux, en y faisant marcher des hommes ou un cheval. Cette sorte de roue à auges est preferable aux autres, en ce qu'elle éleve l'eau de toute la hauteur de son diametre.

Construction d'un chapelet qui avec une partie de la chute d'un baſſin ou d'une ſource foible éleve l'autre partie de l'eau à une hauteur conſiderable.

Fig. 3. LA figure 3me repreſente la machine qui élevoit l'eau pour jaillir dans le jardin de la bibliotheque du roi à Paris. A eſt le baſſin où l'eau eſt ſuppoſée contenue, B eſt la cuvette de deſſous dans laquelle l'eau du baſſin A ſe decharge de ce qu'il a de trop, C eſt le bout du tuyau qui conduit cette eau, D D ſont les godets du petit chapelet qui montent, F F ſont les mêmes godets qui deſcendent, G eſt le tuyau par lequel la cuvette de deſſous ſe decharge dans le godet H qui eſt à ſa hauteur ; ce godet quand il eſt plein s'en va par deſſous, & à cauſe de ſa figure en pointe, l'eau coule dans le godet I inferieur, & ainſi de ſuite pour tous les godets qu'on ne voit pas & qu'on ſuppoſe deſcendre dans le puits ſec. K K ſont ces mêmes godets qui montent vuides & renverſez. L L ſont ces mêmes godets qui deſcendent & droits & vuides juſqu'en H, M eſt la cuvette de deſſus, N le tuyau qui porte l'eau de cette cuvette dans le baſſin A pour y faire ſon jet. O eſt un delai compoſé d'une roue concentrique à celle qui porte les godets, d'un pignon & d'un balancier qui ſervent à donner un mouvement égal & non precipité & par ſaut à la machine. P P eſt le tambour qui porte les godets.

Vſage. Quand les godets H I & leurs inferieurs ſont pleins & d'un poids plus fort que les petits D D auſſi pleins, ils font tourner le tambour & enlevent ceux D D qui ſe vuident en M, & les godets H I arrivez au fond du puits ſe renverſent auſſi, & ſe vuident tour à tour. Ils ne remontent vuides que quand par le tuyau G d'autres godets s'étant remplis ont acquis aſſez de poids pour enlever encore d'autres godets D D.

Si le tambour qui porte les godets H L K eſt plus grand en diametre que celui qui porte les godets F D quoique concentrique, alors on perdra moins d'eau, mais la cuvette M ne ſera pas ſi élevée ni le jet ; ou bien ſi le puits eſt de deux fois plus creux que BM, les godets H L K en même nombre ſeront plus éloignez les uns des autres, & on perdra encore moins d'eau quoique la cuvette M, le tambour & les godets H L K reſtent les mêmes.

Conſtruction d'une pompe aſpirante.

Fig. 4. EN la figure 4me A B eſt une pompe aſpirante, B G eſt un vaiſſeau de cuivre ou d'étain qu'on fait entrer juſte dans le bout du tuyau A B, ce vaiſſeau eſt percé de pluſieurs trous en B, pour empêcher les ſaletez de monter avec l'eau dans la pompe ; vers le haut de ce vaiſſeau eſt une ſoupape en H, retenue par ſes charnieres : ce vaiſſeau B G peut être ôté & remis pour en connoître les defauts d'un long uſage. C E eſt le piſton de bois bien arrondi revetu de cuir cloué au colet entre F E ; ce piſton eſt percé en E F qui a une ſoupape de cuir chargée de fer en F, G K eſt le manche du piſton, A I eſt un canal ſoudé à A B, & qui reçoit l'eau quand elle eſt montée en A.

Vſage. Quand avec un levier ou manivelle on baiſſe le piſton K E, l'air qui étoit entre E H paſſe ſur F, & ferme la ſoupape F par ſon poids, de ſorte qu'en levant le piſton l'eau étant moins preſſée en B G ſouleve la

ſoupape H & entre dans la cavité HE; quand le piſton CE eſt encore abaiſſé, l'eau ne peut ſortir par H où elle étoit entrée à cauſe de la ſoupape H fermée: cette eau paſſe donc par le canal EF, ſouleve la ſoupape F & ſe place ſur le piſton CE, & après pluſieurs repriſes le reſte du tuyau FA s'emplit, & ſe degorge par l'ouverture I: le piſton CE pourroit être élevé de l'eau d'environ 25 pieds, & n'avoir qu'un demi-pied de jeu en montant & deſcendant; le reſte du tuyau en A ſeroit auſſi long qu'on pourra ſoutenir la colonne d'eau.

Conſtruction d'une pompe foulante.

AB eſt un gros tuyau attaché à un autre d'un plus petit diametre M avec deux collets de metail, des vis à écrou, & un cercle de cuir entre deux; il y a une ſoupape en M qui s'ouvre vers N. CD eſt le piſton ordinaire percé, au bas duquel eſt une ſoupape E. Le tuyau AB qu'on appelle corps de pompe eſt plongé dans l'eau ſoutenu par quelque charpente de bois. Fig. 5.

Uſage. Le piſton CD étant élevé par quelque levier ou manivelle coudée l'eau deſcend, & par ſa peſanteur ou reſiſtance ouvre la ſoupape E, elle remplit la capacité EAM, quand on baiſſe le piſton on preſſe l'eau, qui ne pouvant retourner par la ſoupape E qu'elle ferme, eſt obligée d'ouvrir la ſoupape M du petit tuyau & y entrer & s'y élever: quand le piſton remonte, l'eau qui n'eſt plus preſſée dans le tuyau M deſcendroit; mais elle ſe ferme la ſoupape & le retour M par ſon poids, il entre de nouvelle eau en EAM par FB, & la ſoupape E qui s'ouvre librement ou foule l'eau en EAM qui eſt obligée de lever l'eau qui eſt déja dans le petit tuyau, d'ouvrir la ſoupape M, & de s'engager au-deſſus; de ſorte que quand il y en a aſſez pour aller juſqu'en N cette eau ſorte & ſe decharge: pourvu que la puiſſance qui preſſe le piſton ſoit aſſez forte, on éleve l'eau à telle hauteur qu'on voudra.

Si on applique en FB une plaque de plomb ou de cuivre percée pour laiſſer paſſer le manche du piſton & de pluſieurs petits trous il entrera encore des ſaletez dans la pompe, ce qui gâte le piſton: pour remedier à cet inconvenient on renverſe la pompe, & le manche eſt attaché au milieu d'un étrier GPH, & le tuyau MN tourné en ſens contraire, la puiſſance alors eſt appliquée en L, l'eau entre en baiſſant, & elle eſt foulée en relevant. On appelle ces pompes *refoulantes*, elles ont cet avantage que le ſeul poids de l'étrier fait deſcendre le piſton & entrer l'eau; en ce cas il ſuffit de mettre une corde en L pour tirer en haut & fouler l'eau: d'ailleurs le ſable ni les ſaletez n'entrent point dans le corps de cette pompe, qui doit être retenue & ſoutenue dans l'eau par une charpente qui laiſſera un mouvement libre à l'étrier.

Conſtruction d'une pompe aſpirante & foulante tout enſemble.

LA pompe aſpirante & foulante GLM eſt un tuyau qui contient une ſoupape en L, & GH eſt un tuyau de même diametre plongé par ſon bout H dans l'eau; en G eſt une ſoupape; le tuyau GH ne peut guere avoir juſqu'à l'eau plus de 25 pieds, & celui GLM tant qu'on pourra. Fig. 6.

CDB eſt le corps de pompe garni du piſton ECD ordinaire, mais il n'eſt pas percé. Ce corps de pompe eſt auſſi long qu'on donne de jeu au piſton en élevant & baiſſant.

Uſage. Elevez le piſton ECD, l'eau monte par le canal HG, & emplit la capacité CAFGL; baiſſez le piſton, l'eau preſſée ferme la ſoupape G, ouvre celle L, & monte vers M d'où elle ne ſauroit deſcendre, parce que par ſon poids elle ferme la ſoupape L; remontez le piſton, de nouvelle eau entre comme la premiere, & emplit CAFGL, baiſſez le piſton, cette ſeconde eau monte comme la premiere vers M, ainſi de ſuite.

Si on renverſe cette pompe, & ſi on y met un étrier comme ci-deſſus GP, il faudra que le tuyau GH de la preſente figure ſoit coudé pour aller joindre l'eau, & le tuyau LM tourné à contreſens comme vous les voyez ponctuez. On aura l'avantage de celle ci-deſſus pour la maniere de refouler l'eau, les tuyaux ſouffriront moins; d'ailleurs une corde eſt plus legere à lever qu'une barre de fer.

Conſtruction d'une pompe qui fournit de l'eau continuellement, ſoit qu'on leve ou qu'on baiſſe l'étrier.

Fig. 7.

ON a donné dans la derniere édition des recréations mathematiques de Mr Ozanam, la conſtruction d'une pareille pompe laquelle eſt compoſée de trois tuyaux, quatre ſoupapes, & un piſton avec un collet qui doit l'embraſſer bien juſte. Cette machine eſt fort ingenieuſe, nous en propoſons une qui ne ſeroit pas moins utile, peut-être la trouvera-t-on plus ſimple. GPH eſt l'étrier ordinaire, L le lieu où eſt appliquée la puiſſance, A le corps de pompe; c'eſt un tuyau fort ouvert par les deux bouts AB, l'ouverture B fermée d'une platine de plomb ou de cuivre percée de pluſieurs petits trous; ce tuyau AB a une ſeparation OO forte & épaiſſe, deux ouvertures près de cette cloiſon en QQ, EE ſont deux piſtons faits comme ceux de la pompe foulante à étrier figure 5 ci-deſſus, NZ deux ſoupapes ordinaires, *m m* des écrous qui joignent le tuyau D à celui AB, C eſt une ſoupape en lozange qui ferme une ouverture Q quand elle ouvre l'autre Q, & qui pour cela a ſa charniere forte, & contre la ſeparation OO du tuyau AB; mettez toute la machine dans l'eau bien ſoutenue & retenue à quelque charpente.

Uſage. Quand l'étrier GPH deſcend, l'eau entre par A & la ſoupape Z dans la cavité OZQ, en même tems le piſton EN deſcend en OQ dans la partie ſuperieure de AB; ſi on éleve l'étrier GPH la ſoupape Z eſt fermée par le poids de l'eau en OZQ, l'eau preſſée paſſe par le trou inferieur Q, ouvre la ſoupape C qui ferme le trou Q ſuperieur, & entre dans le tuyau D; pendant ce tems le piſton NE s'eſt auſſi levé, & l'eau eſt entrée dans la partie du tuyau ſuperieur en NOQ; ſi donc on baiſſe l'étrier GPH, la ſoupape N ſe ferme par la rencontre de l'eau qu'elle preſſe, laquelle eſt obligée de s'échapper en D par le trou Q, & la ſoupape C du tuyau ſuperieur, laquelle s'ouvrant du côté du tuyau ſuperieur ſe ferme du côté de l'inferieur, & l'eau monte en D avec la premiere; ſi on releve encore l'étrier on recommencera ce qu'on a déja fait: ainſi ſi on baiſſe l'étrier, ce ſera l'eau de la partie B du tuyau qui montera en D; ſi on éleve l'étrier, ce ſera l'eau de la partie A qui montera en D. L'adreſſe conſiſte à bien joindre le tuyau D à celui A, & à bien faire la ſoupape C en lozange.

CHAPITRE III.

Construction du chassis pour dessiner des vues.

LE chassis est un instrument composé d'un petit cylindre creux marqué A en forme de tuyau de lunette, bouché par un bout, & percé à ce bout d'un petit trou B, pour servir de visiere à l'œil C : ce cylindre est porté sur un pivot D; ce pivot est attaché perpendiculairement à la piece de bois E de 7 ou 8 pouces de long; en cette piece E sont entaillées deux tringles de bois FF de 2 ou 3 pieds de long sur 3 pouces de large, & un d'épaisseur; & par l'extremité G les tringles sont enboëtées comme en E. Ensuite on fait un chassis quarré-long comme le cadre d'un tableau HIKL dont les bords larges d'un pouce sont percez d'un pareil nombre de petits trous également éloignez l'un de l'autre sur chaque bord opposé : on passe par ces trous des soies du trou d'en haut à celui d'en bas, & d'un côté à l'autre pour faire des quarreaux avec ces soies, semblables à ceux des raquettes de jeu de paulme. Dans le bord inferieur sera faite une mortoise pour y faire couler perpendiculairement au cadre les tringles FF qu'on arrêtera au point de la longueur qu'on souhaitera avec une vis dessous N; enfin on ajustera un pied à cet instrument, qui consistera en un pied ordinaire d'instrument, avec cette difference que la boule qui roule dans la coquille du genou sera attachée à un morceau de bois percé comme le bord inferieur du cadre, afin d'y laisser couler les tringles FF : afin qu'on les puisse arrêter où on voudra sur le pied, on mettra la vis N au-dessus de ce morceau de bois, ou en dessous, comme on le trouvera plus commode.

Fig. 8.

Usage du chassis.

SOit proposée la vue d'une côte ou d'un château à dessiner, pour servir de reconnoissance aux voyageurs, ou de divertissement à la vue, après avoir regardé par le compas de variation à quel degré de déclinaison est cette côte ou château par rapport au lieu où on est; on dressera le chassis sur son pied sur terre, ou bien on placera la machine auprès de quelque mas si on est sur mer, tournant le cadre HIKL vers l'objet, & le cylindre C vers l'œil : on fait sur une feuille de papier autant de quarreaux qu'il y en a dans le chassis par les soies qui se croisent; on mettra l'œil au cylindre, & on verra par quel carreau du chassis passe, par exemple, le rayon qui vient du haut d'une tour pour le dessiner sur le papier dans le carreau qui repond à celui par où passe ce rayon dans le chassis. On fera de même pour le pied de la tour, & toutes les parties de l'objet qu'on rapportera sur le papier dans des carreaux correspondans à ceux par où ces parties de l'objet envoient leurs rayons jusqu'à l'œil; par ce moyen on aura une vue sur le papier telle qu'elle paroit sur la terre.

Si le cadre du chassis n'embrasse pas tout l'objet qu'on veut dessiner, on en avancera le point de vue A, ou bien on approchera le chassis du cylindre A le long des tringles EE, alors l'angle formé par les côtez du

cadre, & l'œil étant plus grand, on découvrira plus d'étendue; on pourroit même promener le cylindre vers O, ce qui le mettroit en alignement avec le côté du cadre, & donneroit le double d'étendue à ce cadre; parce que quand on auroit dessiné tout le côté droit qui auroit rempli le cadre de ses rayons, on porteroit le cylindre à droit, en alignement avec l'autre bord du cadre pour dessiner tout le côté gauche de l'objet qui rempliroit le cadre de ce seul côté.

Construction d'un autre chassis pour dessiner le paysage sans savoir le dessein.

Fig. 9. CEt instrument est un pentographe posé & attaché à un plan vertical comme le cadre ci-dessus A E; la feuille de papier sur laquelle on conduit le porte-crayon est aussi attachée ou collée sur ce plan vertical; & au lieu d'une pointe perpendiculaire au pentographe, laquelle est conduite sur tous les traits du dessein à copier, c'est ici un petit index C. A quelque distance, comme d'un pied ou deux, on éleve perpendiculairement à l'horison sur une tige un point de vue B, qui n'est autre chose qu'un morceau de cuivre percé d'un petit trou, & placé de sorte que le plan vertical A E, & l'index C soient entre le paysage à dessiner, & le petit trou B.

Usage. Regardez par le trou B un paysage, conduisez le plan vertical A E à telle distance que vous voudrez de B vers l'objet à dessiner, & conduisez l'index C du pentographe, desorte qu'il cache successivement les contours du paysage en les regardant par le point B; alors le crayon E du pentographe decrira ces mêmes contours, avec cette difference qu'il faudra renverser la feuille de papier pour y voir le paysage dessiné. Il n'y a qu'à consulter ce que nous avons dit du pentographe ci-dessus livre 3me.

Ce pentographe pourroit être construit d'une maniere à ne pas faire craindre que le poids de sa partie superieure entrainât l'inferieure, en lui donnant la figure d'un double parallelogramme, comme en la figure 10. Il est composé de deux longues regles & quatre petites, le centre du mouvement est toujours au milieu, le reste est comme au pentographe ordinaire.

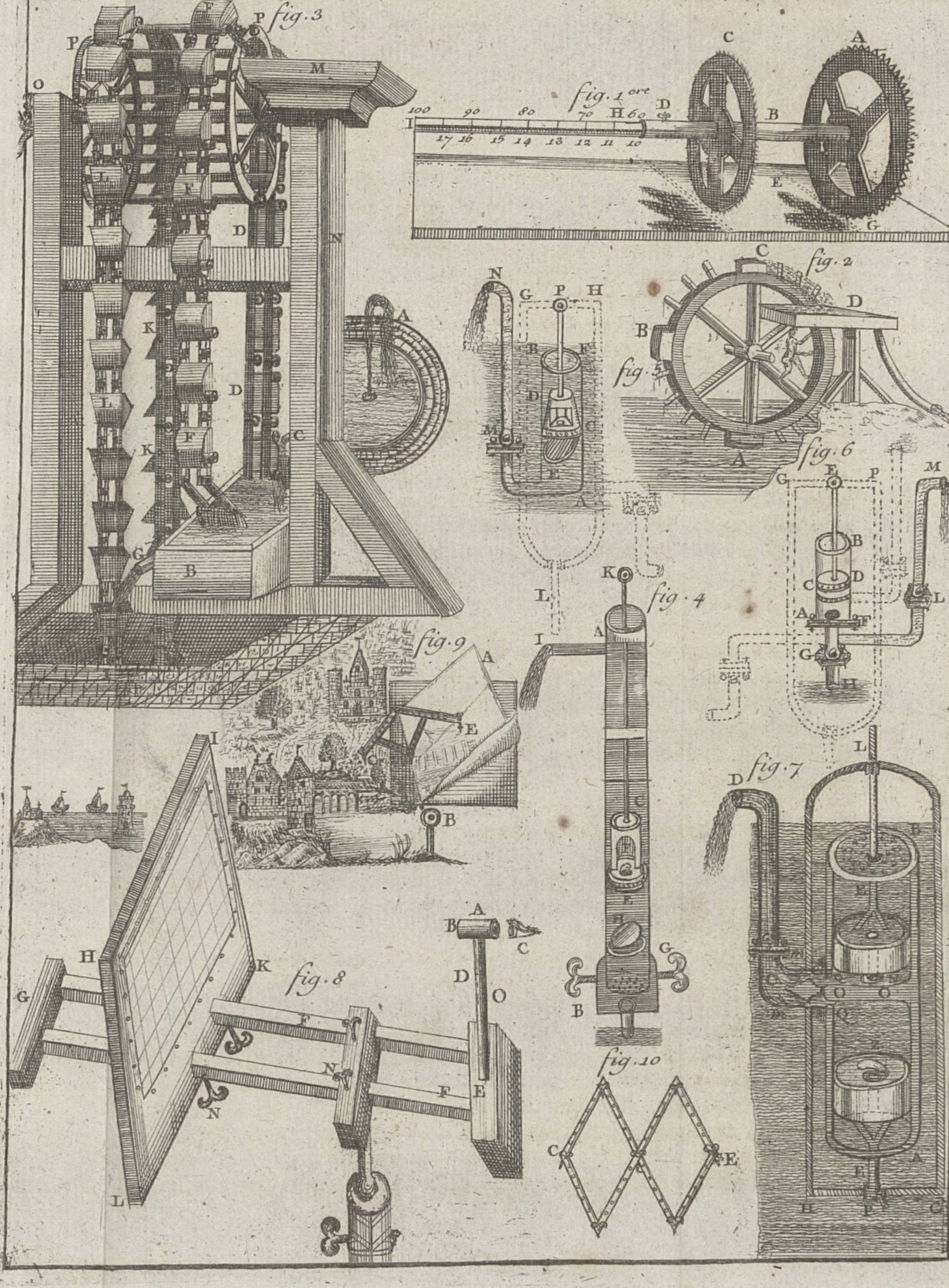
Fig. 10.

Construction d'un œil artificiel, & en même tems d'une chambre obscure portative pour dessiner les objets exterieurs.

NOus avons enseigné livre 4 chap. 6. de quelle maniere les objets se peignent dans l'œil par une experience qu'on appelle de la chambre fermée, il faut convenir que cette peinture se trace très-imparfaitement sur une toile opposée au trou fait dans la fenêtre d'une chambre exactement fermée de toute autre part; c'est pourquoi nous avons aussitôt ajouté qu'il falloit mettre un verre convexe à ce trou pour avoir sur une toile placée au foyer de ce verre une image très-nette & très-distincte des objets de dehors éclairez du soleil. On a suppléé à l'embarras de fermer une chambre exactement par la construction d'un œil artificiel que nous décrivons ici, telle que Mr Poliniere, si connu par son habileté & son adresse à pratiquer les experiences de physique, nous la donne dans son receuil.

Fig. 11. A B est une boule de bois creuse, d'environ 5 à 6 pouces de diametre qu'on peut separer en deux parties en D E. En B C est une verre convexe

ou


fig. 1ere
fig. 2
fig. 3
fig. 4
fig. 5
fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
fig. 10

ou lenticulaire, dont le foyer en est éloigné de 5 pouces plus ou moins à raison du diametre de la boule. F A est un tuyau de 7 à 8 pouces de long, & de deux de diametre collé à la boule A B en A H. G A est un tuyau qui entre dans l'autre F A, & qui porte à son extremité A H du papier ou du velin huilé, ou bien un verre plan qui a été dépoli en le frottant sur une surface plane avec du menu sable mouillé; ce verre est appliqué comme le velin au bout du tuyau mobile G A pour être plus facilement placé au foyer du verre C B.

XXXV. *Planche.* Fig. 11.

Usage. Placez l'œil vers G pour regarder le verre A H ou velin huilé, en repoussant ou retirant le tuyau G, il apercevra distinctement les objets exterieurs peints sur ce verre ou velin huilé A H; mais dans un sens renversé.

Cette experience prouve parfaitement que c'est l'objet qui envoie son image dans l'œil.

L'image n'est exacte & distincte sur le velin huilé que quand il est à certain point, parce que c'est là que les rayons de lumiere partis de differens points de l'objet brisez en entrant & en sortant de la lentille de verre se réunissent, & que plusieurs rayons venant d'un même point de cet objet sur toute la surface du verre se rassemblent en un même à son foyer.

Si l'objet n'est pas directement opposé au verre convexe l'image sera d'autant plus confuse que l'inclinaison sera plus grande, parce que les rayons qui viennent d'un même point de l'objet sur toute la surface de la lentille se brisant feront en leur réunion un angle plus obtus, dont la pointe moins vive touchera d'une maniere moins nette le velin huilé ou le filet du nerf optique. C'est de cet attouchement plus ou moins vif & net, que se fait la vision plus ou moins distincte; c'est par cette raison qu'on ne voit pas également bien toutes les parties d'un même objet qui se presente, à moins qu'on ne tourne l'œil successivement vers chaque partie.

Si le velin huilé est trop près de la lentille, l'image de cet objet sera plus confuse par cette même raison, puisque les rayons n'étant pas encore réunis en leurs points convenables, ils ne feront pas cette pointe ou pinceau qui doit toucher en un point le velin ou le nerf optique; cette image y sera même plus petite, parce que ces rayons brisez ne seront point autant écartez qu'ils le pourroient être les uns des autres.

Si au contraire le velin huilé est trop éloigné l'image de l'objet sera encore confuse, parce que les rayons ne seront plus réunis dans leurs points convenables.

Plus l'ouverture B C est grande, plus il y entre de rayons, & partant, plus il se presente d'objets sur le velin huilé, pourvû que la convexité du verre soit la même; il faut cependant que ce velin soit dans l'obscurité, parce que la clarté est un obstacle à la distinction des objets: on pourroit même dire que c'est la clarté seule qui borne la distance de la vue, toutes choses d'ailleurs égales, parce que plus l'objet est éclairé & l'œil dans une plus grande obscurité, de sorte neanmoins que les rayons de l'objet puissent venir à lui, moins ils seront traversez & agitez, mieux ils se conserveront, & plus la vision seroit distincte, & de distance considerable.

C'est par cette vision que l'image d'un objet est d'autant plus petite, qu'il est plus éloigné, parce que les angles des rayons venus de differentes parties de l'objet sont plus petits.

C'eſt encore par cette raiſon qu'il faut un peu avancer le velin huilé de la lentille à meſure que l'objet s'en éloigne notablement, comme il faut l'éloigner quand l'objet s'en approche juſqu'à certain point, hors du quel on ne voit plus que confuſion. C'eſt ce que nous faiſons quand nous regardons un objet voiſin ou éloigné, nous n'approchons pas & nous ne reculons pas la retine ; mais nous ouvrons plus ou moins la prunelle, nous avançons ou reculons l'uvée & le cryſtallin.

Mais quand l'objet eſt à une certaine diſtance ſuffiſament grande comme de deux cens pas, il ne faut plus toucher au velin, il faut ſe contenter de l'image telle qu'elle ſe preſente ; parce qu'alors les rayons de l'objet peuvent paſſer pour paralleles entre eux, & ſoit qu'on avance ou qu'on recule le velin, il ne paſſera pas plus de rayons par l'ouverture B C qu'il en paſſoit auparavant.

Non ſeulement on conçoit aiſément que dans cet œil artificiel le verre B C tient la place des differentes humeurs de l'œil, & le velin celle de la retine ; mais encore que cette machine eſt une chambre obſcure portative & propre à deſſiner, dont voici l'*Uſage* : Ayant tourné cet œil vers un objet éclairé du ſoleil, & s'étant couvert la tête & la machine, excepté la lentille, d'un manteau, on paſſera un crayon ſur tous les traits peints ſur le velin huilé pour avoir une perſpective très-exacte mais renverſée. On redreſſera ce deſſein ou perſpective, ou bien en ajoutant au foyer de la lentille une autre lentille d'une moindre ſphere, laquelle renverra les rayons redreſſez à ſon foyer où le velin huilé aura été placé ; ou bien ſans ajouter de ſeconde lentille, mettez un miroir plan en la place du velin huilé, inclinez ce miroir de 45 degrez, & faites une ouverture au-deſſus du tuyau laquelle vous couvrirez d'un papier huilé, alors les objets peints en ſens renverſé ſur le miroir ſeront reflechis & peints par ce miroir ſur le papier huilé en leur ſituation naturelle, parce que l'angle de reflexion étant égal à celui d'incidence, l'image renverſée de l'objet vient horiſontalement ſur le miroir ; ce miroir étant incliné de 45 degrez, il renvoie l'image droite ſous un plan horiſontal qui le couvre.

C'eſt ſur de pareilles experiences que les phyſiciens ont établi les regles de l'optique. Les uns ne conſiderant que les effets produits par les rayons directs qu'un corps lumineux ou coloré envoie à l'œil ont enſeigné à tracer les objets ſur un plan, de maniere qu'ils y produiſent le même effet que ſi on les regardoit réellement ; c'eſt ce qu'on appelle *perſpective*. Les autres appliquez aux changemens qui arrivent dans les rayons quand il ne viennent à l'œil qu'après avoir traverſé un corps diaphane ou tranſparent, en ont découvert les raiſons, & enſeigné à profiter de ces refractions pour differens uſages ; & cette partie de l'optique eſt appellé *dioptrique*. D'autres enfin ont fait leurs obſervations ſur ce que devenoient les rayons envoyez d'un objet ſur un corps dur & poli, & de leurs connoiſſances reſulte la *catoptrique*.

Il a été aiſé de remarquer que les machines dont nous venons de donner les conſtructions & les uſages ſont fondées ſur trois principes des trois parties de l'*optique* dont nous venons de parler. La perſpective roule ſur ce principe, que *tout objet eſt plus ou moins approché, paroît plus ou moins grand, qu'il eſt vû ſous un plus grand ou un plus petit angle : & reciproquement il eſt vû ſous un plus grand ou plus petit angle, qu'il eſt plus ou moins approché, qu'il*

est plus ou moins grand. Dans la *dioptrique* on convient, que *tout rayon qui vient de l'objet à l'œil perpendiculairement, à la surface d'un corps transparent, quel qu'il soit, qu'il traverse étant l'axe du cône des rayons, ne souffre aucune refraction.* Mais *qu'un rayon qui passe obliquement d'un milieu plus facile à penetrer dans un plus difficile, s'approche de la perpendiculaire à la surface de ce milieu au point où il est penetré; au contraire il s'éloigne de la perpendiculaire en passant d'un milieu plus difficile à penetrer dans un plus aisé.* Enfin dans la *catoptrique*, c'est un principe que *l'angle de reflexion est égal à celui d'incidence.*

Par la differente application du principe de la perspective, de même qu'on sait tracer sur le tableau un objet tel qu'il paroît à la vue, on sait aussi le tracer de maniere qu'il ne paroît en ses proportions, que quand ce tableau est regardé d'un point determiné; en voici deux exemples pour apprendre à suppléer, mais avec bien du travail & de la patience, par le compas & la regle au defaut des instrumens ci-dessus.

Premier exemple de perspective. Soit donné l'exagone regulier 1, 2, 3, 4, 5, 6 tracé geometriquement en plan, dont il s'agit de tracer la perspective dans le tableau A B D V. On disposera cet exagone vis-à-vis de la ligne A B comme on souhaite qu'il soit vû, & on l'en éloignera selon la distance qu'on souhaitera qu'il le soit de l'œil, suivant l'échelle du plan. On tirera de tous ses angles autant de lignes perpendiculaires à la ligne A B, qu'on appelle *ligne de terre*; & par les points 7, 8, 9, où elles coupent cette ligne A B, l'on tirera au point principal ou de l'*œil* ou de *vue*, pris à discretion sur le tableau, les lignes V 7, V 8, V 9; ensuite on portera la longueur de la perpendiculaire 8, 1, sur la ligne A B depuis 8 en E, & la perpendiculaire 7, 2, sur la même ligne A B depuis 7 en F vers le point de l'œil, & ainsi des autres; du point V on tirera une ligne parallele à A B qu'on appellera *horisontale*, sur laquelle horisontale, on portera de V en D de part & d'autre, si on veut, la distance supposée de l'œil au tableau prise sur l'échelle du plan; ensuite on tirera du point de distance D opposé les rayons D E, D F, & C. Joignant les intersections de ces lignes par une ligne droite, on aura sur le tableau l'apparence de la ligne 1, 2, de l'exagone donné & de toutes les autres successivement.

Fig. 12.

Si la perpendiculaire 1, 8, étoit trop longue pour être portée sur la ligne A B, comme il arrive ici à la ligne perpendiculaire au point 5, qui ne peut être transportée de 9, sur la ligne A B vers la partie opposée au point de distance D, le tableau étant trop petit; tirez par le point B pris à discretion sur la ligne de terre A B, & par le point principal V le rayon V B; & ayant fait B M égal à la perpendiculaire 9, 5, tirez le rayon D M qui donnera sur le rayon V B le point Z, par où vous tirerez à la ligne de terre A B la parallele Z 5, qui donnera sur le rayon V 9, le point 5 qu'on cherche.

Afin que tout ce qu'on veut mettre en perspective paroisse dans une juste proportion, on est quelquefois obligé d'éloigner beaucoup l'œil du tableau, ce qui empêcheroit de marquer le point D de distance sur la ligne horisontale D V, qui est supposée dans un même plan avec l'œil: dans ce cas on mettra seulement la moitié de la distance de l'œil au tableau sur la ligne horisontale de V en D; alors il faudra porter seulement la moitié des distances perpendiculaires 1, 8, 2, 7, sur la ligne de terre A B, de 8 vers E, de 7 vers F, & en tirant les rayons D E, D F, on aura sur les rayons V 8, V 7,

les points 1, 2, comme auparavant pour ces mêmes apparences des points geometriques 1, 2.

De la même maniere que nous venons de mettre un exagone en perspective on peut tracer toute sorte de figure rectiligne ou curviligne en multipliant les points sur le plan geometral, & sur le tableau par lesquels on fera passer les lignes demandées ; on pourra même tracer des quarreaux perspectifs repondans à des quarreaux geometriques pour rapporter des figures geometriques en perspective, plaçant dans chaque quarreau perspectif ce qui sera dans le quarreau geometrique qui lui repond.

On remarquera que la ligne 5, 4, étant plus éloignée de l'œil, par consequent vue sous un plus petit angle, est la plus petite de toutes.

Si on veut que cet exagone soit solide, élevé sur la terre: Elevez sur tous les angles perspectifs des perpendiculaires, ausquelles vous donnerez la hauteur convenable en cette maniere. Du point B pris à volonté sur la ligne A B, élevez la perpendiculaire B C, par exemple, de deux pieds sur l'échelle de l'exagone geometrique, & menez du point H éloigné de la perpendiculaire B C de deux pieds de l'échelle sur la ligne horisontale V D aux deux points B C les droites H B, H C, entre lesquelles seront renfermées les hauteurs de deux pieds convenables aux points differens de l'exagone, pourvû que de chaque point de la base de cet exagone perspectif, on tire des paralleles à la ligne A B ; & à leurs intersections avec H B on élevera des perpendiculaires à A B, qui seront de deux pieds chacune où elles rencontreront la ligne H C.

Fig. 13.

XXXV. Planche. Fig. A.

Second exemple de perspective curieuse. Soit donnée une tête dessinée dans toutes ses proportions à tracer sur un tableau, ensorte qu'elle ne paroisse belle & dans ses justes proportions, que quand elle sera regardée d'un certain point. Decrivez autour de cette figure donnée le quarré A B C D, & reduisez-le en petits quarrez de reduction, comme s'il falloit reduire cette figure en petit. Maintenant decrivez sur le tableau le quarré long E B F G, & divisez l'un des deux plus petits côtez E G, B F comme E G, en autant de parties égales qu'en contient D C; divisez l'autre côté B F en deux également au point H, duquel vous tirerez par les points de division du côté opposé E G autant de lignes droites, dont les deux dernieres seront E H, G H. Ensuite ayant pris à discretion sur le côté B F le point I au-dessus du point H pour la hauteur de l'œil au-dessus du plan du tableau horisontal, tirez de ce point I au point E la ligne droite E I, qui coupe ici celles qui partent du point H aux points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; par ces points d'intersection vous tirerez des lignes droites paralleles entre elles, & à la base E G du triangle E H G, qui se trouvera ainsi divisé en autant de trapezes qu'il y aura de quarrez dans le quarré A B C D : & rapportant ce qui est dessiné dans chaque quarreau d'A B C D, dans les trapezes qui leur repondent dans E F G B, on aura une figure difforme, laquelle cependant paroîtra conforme à son prototype, & dans ses justes proportions, quand elle sera regardée par un trou petit, du côté de l'œil, & plus large du côté de la figure, comme K, qui sera élevé perpendiculairement sur le point H; ensorte que L K soit égal à la hauteur supposée de l'œil H I. On voit que la situation de l'œil ayant changé, il a fallu changer les quarreaux en trapezes pour donner à chaque quarreau le même angle sous lequel il étoit vû naturellement dans le modele.

Nous ne parlons pas des ombres, cette connoiſſance appartient aux traitez complets de perſpective : il ſuffit d'avertir que dans tous les plans & dans tous les tableaux, la lumiere eſt ſuppoſée venir d'en haut du côté droit, & par conſequent de l'angle que fait le haut du tableau avec ſon côté droit par rapport à celui qui le regarde, & qu'ainſi les corps jettent leurs ombres de haut en bas, & de droit à gauche de celui qui regarde un tableau.

Des corps propres à rompre les rayons de lumiere, & des uſages de la refraction de ces rayons.

ON ſait que tout corps diaphane ou tranſparent eſt propre à rompre les rayons de la lumiere : ainſi l'eau, la glace, le verre, &c. peuvent être employez dans la dioptrique ; car l'œil n'eſt qu'un amas d'eau & d'humeurs qui par leur configuration raſſemblent les rayons ſur la rétine où ils touchent des filets du nerf optique, lequel excite la cenſation de la vue ; un baton dans l'eau ou dans la glace paroît rompu, &c. Mais on ſe ſert plus heureuſement du verre que de toute autre matiere à cauſe d'une infinité d'inconveniens auſquels il n'eſt pas expoſé comme les autres, & parce que d'ailleurs il peut être travaillé de toutes les manieres propres à produire tous les effets de la refraction des rayons, ſoit qu'il faille les raſſembler ou les ſeparer plus ou moins loin ; car toute la dioptrique ſe rapporte à ces deux points ; au moins ſont-ils les plus intereſſans dans la phyſique & dans les mathematiques. Veut-on faire voir un objet plus diſtinctement ? il faut procurer à l'œil une plus grande abondance de rayons, ce qui s'opere en raſſemblant la plus grande qu'on puiſſe vers l'œil à une diſtance qui ne l'incommode pas, & propre à les faire réunir par les humeurs de l'œil chacun en leur point convenable. Veut-on groſſir l'objet, au quel cas il paroîtra rapproché ? il faut augmenter l'angle ſous lequel il eſt vû ; on le fait en briſant les rayons qui viennent de l'objet à l'œil, de maniere qu'ils s'écartent moins les uns des autres quand ils ſortent du corps diaphane qu'ils traverſent, qu'ils ne s'écartoient avant leur paſſage. Veut-on diminuer cet objet ? il faut en briſer les rayons, deſorte qu'ils s'écartent d'avantage après avoir traverſé un corps diaphane, ce qui fait paroître l'objet plus éloigné : c'eſt ce qu'on appelle rendre les rayons divergens, & c'eſt le propre du verre concave de les rendre tels ; car les verres convexes diminuent toujours leur divergence & les raſſemblent : c'eſt ce qu'on appelle rendre les rayons convergens ; fuſſent-ils les uns & les autres verres ſpheriques ou hyperboliques. On ne ſe ſert communement que des ſpheriques.

Conſequences du principe de la dioptrique, ou obſervations ſur les verres ſpheriques.

1°. LE verre B C plan d'un côté, & convexe de l'autre a ſon foyer F, à la diſtance du diametre de ſa convexité, & les rayons de lumiere envoyez d'un point d'un objet D E viſible éclairé & éloigné, par conſequent ſuppoſez paralleles, quand ils tombent ſur la ſurface convexe, ils ſe réuniſſent avec leur axe au foyer de ce verre. Je dis les rayons d'un point

Fig. 14.

d'un objet, parce que tous les rayons des differens points d'un objet ne se réunissent pas en un seul point pour faire un foyer general.

Fig. 15. Si l'objet D E est plus proche de la superficie convexe du verre B C que de la longueur de son foyer F, les rayons rompus dans le verre ne se rassembleront point, mais sortiront encore divergens, moins à la verité.

Fig. 16. Si cet objet D E est au foyer F du verre B C, les rayons de chaque point de l'objet sortiront paralleles entre eux.

Fig. 17. 2°. Le verre convexe de deux côtez B C, & de deux égales convexitez a son foyer F à la distance de son demi-diametre, & les rayons paralleles d'un point d'un objet D E se réunissent en ce point, si cet objet est éloigné de ce verre plus que de son foyer F ; car s'il est à son foyer, les rayons sortiront du verre paralleles entre eux, & s'il est moins éloigné que le foyer, ces rayons sortiront encore divergens mais moins à la verité.

3°. Le verre convexe de deux convexitez inégales a son foyer distant à proportion de la difference des demi-diametres des convexitez.

Nous avons enseigné à trouver ces foyers liv. 4 chap. 6.

Fig. 18. 4°. Le verre convexe plan ou doublement convexe laisse voir l'objet en sa situation naturelle, plus confusement neanmoins à proportion que le verre, placé entre l'objet & l'œil, cet œil s'éloigne du verre vers son foyer, au-dessous duquel si l'œil descend, il ne verra plus l'objet que renversé, toujours plus distinctement à proportion qu'il s'éloignera sous le foyer.

Fig. 19. 5°. Le verre convexe grossit & confond l'objet à proportion que l'œil s'en éloigne, mois toujours entre ce verre & son foyer. D'ailleurs aussi on découvre moins de l'objet vû, à proportion qu'on s'éloigne du verre, comme nous dirons ci-après.

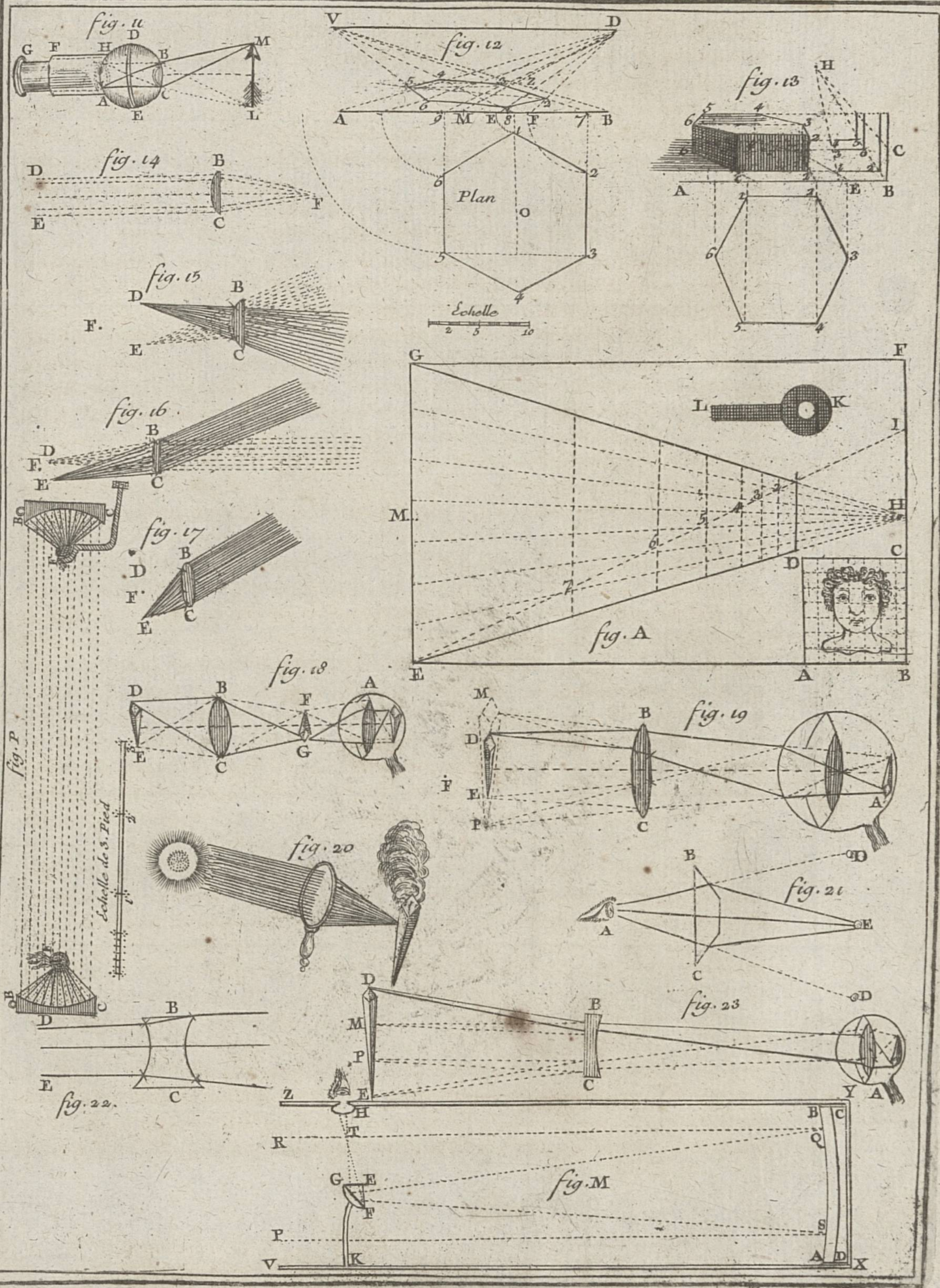
L'objet étant grossi parce qu'il est vû sous un plus grand angle à cause de la refraction des rayons, il faut qu'il paroisse plus proche par le principe de la perspective. Plus les pointes que forment les rayons de chaque point de l'objet sont éloignées du verre convexe qu'ils penetrent, plus l'objet qu'il peignent a d'étendue sur la retine. Cette étendue est plus grande à proportion de l'éloignement du foyer, l'objet toujours supposé plus éloigné du verre que son foyer : c'est pourquoi les verres convexes d'une plus grande sphere sont les plus estimables dans les lunettes de longue vue. Mais il faut qu'alors ces verres soient larges pour recevoir plus de rayons de l'objet, autrement on verroit à la verité un objet plus grossi, mais on n'en découvriroit que peu de parties, & on perdroit du côté de l'étendue de la vision autant qu'on gagneroit du côté de sa distance.

Ce verre, quand il est très-convexe & petit, grossit extraordinairement l'objet placé près de son foyer anterieur, parce que l'œil alors en reçoit beaucoup de rayons assez divergens encore pour être réunis à propos sur la retine, & y occuper une très-grande étendue ; c'est l'effet que produisent les *microscopes*, dans lesquels on apperçoit un objet qu'on ne voyoit pas a cause de sa trop grande proximité de l'œil, & on gagne du côté de l'étendue, & de la precision de la vision, ce qu'on perd du côté de la distance de l'objet.

Fig. 20. 6°. Comme les verres convexes réunissent les rayons de lumiere pour augmenter la vision, ils rassemblent aussi les rayons du feu & du soleil pour brûler.

Fig. 21. 7°. Le verre convexe polygone qu'on appelle à facetes, réunit à son

Planche Trentecinquieme



foyer les parties d'un objet separées à la vue directe, & multiplie le même objet.

8°. Le verre concave plan, ou concave des deux côtez qui reçoit des rayons obliques, les écarte toujours les uns des autres, & par consequent n'a point de foyer : l'objet vû à travers ce verre paroît plus petit, à proportion de sa sphere, les rayons des parties de cet objet sont vûs sous un plus petit angle, & par consequent l'objet plus éloigné, mais très-distinct; parce que les rayons étant écartez les uns des autres, ils peignent une image moins embarassée & plus nette sur la retine; c'est pourquoi on se sert de ces verres pour les vues courtes. Plus la sphere de ces verres est petite plus les rayons qui les penetrent sont écartez.

Fig. 22. Fig. 23.

9°. Les verres convexes d'un côté & concaves de l'autre n'ont pas des proprietez fort avantageuses à la dioptrique. Si la convexité est égale à la concavité, ou si les surfaces sont paralleles, on ne remarque presque pas plus de changemens dans les rayons qui les penetrent, que quand des rayons penetrent un verre plan des deux côtez. Soit que la sphere de la convexité soit plus grande ou plus petite que celle de la concavité, le foyer est toujours plus loin que le diametre de la convexité, & n'a d'effet que quand la convexité est de plus grande sphere que la concavité.

Construction des lunettes de longue vue ou telescopes.

DEs la fin du treiziéme siecle on se servoit de verres travaillez pour soulager les differentes vues des hommes, & leur en conserver l'usage, malgré les infirmitez d'un âge avancé, ou la configuration desavantageuse, mais naturelle de leurs yeux : & tant qu'on en est demeuré à ne regarder les objets qu'à travers un seul verre convexe, ou concave, on n'a pu parvenir qu'à faciliter la vision aux vieillards, dont les yeux applatis ne leur étoient plus de grande utilité, parce qu'alors les humeurs se dessechant, elles éloignent leur foyer par delà la retine. On suppléa à ce défaut par les verres convexes, qui brisant les rayons les rendent moins divergens, & plus propres à être réunis sur la retine, & à y former leur image nette. Par une raison contraire de jeunes gens ayant les yeux trop voutez ou convexes, leur foyer est placé devant la retine, on corrigea ce défaut par le verre concave qui rend encore plus divergens les rayons des objets éclairez, & les disposent à n'être réunis que sur la retine de leurs yeux en reculant le foyer des humeurs. Ce ne fut que vers l'an 1609, dit Mr de la Hire dans un memoire de l'Academie, qu'un ouvrier de Hollande ayant par hasard regardé à l'essai un objet à travers d'un verre convexe, & d'un concave, éloignez l'un de l'autre, peut-être dans un tuyau, il s'aperçut que cet objet grossissoit considerablement sans se confondre, ni changer de situation. Des-là on commenca à combiner beaucoup de verres concaves de toute façon, avec des verres convexes aussi de toute façon, & pour en composer des lunettes de longue vue, dites alors de Galilée ou de Hollande, qui ont un verre convexe vers l'objet, & un concave au-dessus du foyer du convexe & de l'œil. Kepler bon mathematicien en 1611 travailla sur les effets que l'ouvrier de Hollande avoit remarqué, & donna son traité de dioptrique, où il enseigne à faire des lunettes de longue vue composées de deux verres convexes, disposez d'une

certaine façon dans un tuyau, l'un du côté de l'objet & d'une grande ſphere, l'autre d'une plus petite, éloigné par delà le foyer du premier, deſorte que le foyer poſterieur de l'objectif s'uniſſe au foyer anterieur de l'oculaire. C'eſt ainſi qu'on appelle le verre le plus voiſin de l'œil. Mais ces lunettes renverſent l'objet; le P. Reita capucin vint après, qui ajoutant deux autres verres convexes entre ceux de Kepler, compoſa des lunetes de longue vue qui font voir les objets redreſſez. Les aſtronomes chercherent auſſi-tôt à ſe ſervir de ces differentes lunettes pour leurs obſervations, & ils ne trouverent que celles à deux verres de Kepler dont ils puſſent tirer beaucoup d'avantages. En 1659 M[r] Huygens ajouta un micrometre au foyer poſterieur de l'objectif, & à l'anterieur de l'oculaire pour obſerver l'anneau de ſaturne. C'eſt à ce tems qu'on pourroit fixer l'époque du micrometre, que M[rs] Auzout & Picard perfectionnerent vers l'an 1666, en y ajoutant un curſeur, & une vis pour meſurer les diſtances, les diametres des planetes, les excentricitez du ſoleil & de la lune, & leurs éclipſes. M[r] de la Hire a encore travaillé depuis très-heureuſement ſur cette invention du micrometre. On ne ſait pas de même en quel tems on commença de ſe ſervir de ces lunettes au lieu de pinules ſur les quarts de cercle, en plaçant au lieu du micrometre, deux ſoies très-deliées qui ſe croiſent à angles droits, comme nous avons enſeigné liv. 4 chap. 6, & liv. 6 ci-deſſus.

XXXVI Planche. Fig. 24.

Il eſt aiſé de faire une lunette d'approche de la premiere ſorte qu'on appelle de *Hollande*. Faites un tuyau E B de carton ou d'autre matiere; emboitez dans ce tuyau un autre tuyau D E; dans celui D E faites entrer celui C D, comme celui A C eſt entré en C D, deſorte qu'entrant tous les uns dans les autres, ils puiſſent être facilement tranſportez; placez à l'extremité B un verre lenticulaire convexe des deux côtez, ou convexe plan; on l'appelle *objectif*, car il faut qu'il ſoit plus près de l'objet; au-deſſus de ſon foyer & à l'extremité A ſoit un verre concave qu'on appelle *oculaire*, parce qu'il eſt plus près de l'œil. Il vaut mieux que l'objectif ſoit d'une plus grande ſphere, & convexe d'un ſeul côté, parce que alors ſon foyer étant plus éloigné il groſſira davantage. Une telle lunette ſera fort claire & commode, d'un pied huit pouces de longueur, ſi on ſe ſert d'un objectif convexe d'un côté de deux pieds de diametre ou convexe de deux côtez de quatre pieds, & d'un oculaire concave des deux côtez de quatre pouces & demi. Pour les aſtres la lunette ſera de 10 pieds de longueur, l'objectif ſera d'environ 12 pieds de ſphere, & l'oculaire de 5 pouces & demi. Les combinaiſons ſe font plus preciſement par l'experience ſur les fondemens ci-deſſus, en appliquant ſucceſſivement des oculaires de differentes ſpheres à un objectif determiné. On retient ces verres en leurs points par des anneaux de laiton.

Fig. 25.

Uſage. Placez l'œil en A, pour regarder par le tuyau A B les objets éloignez; pouſſez un peu ou reculez le tuyau A juſqu'à ce que vous voyez les objets diſtincts; ils paroîtront beaucoup approchez, plus gros & plus diſtincts, & dans leur ſituation naturelle, parce que les rayons qui partent du haut de l'objet B figure 25 rencontrant le verre convexe D E ſe briſent, & après en être ſortis s'approchent l'un de l'autre par obſervations 1, 2, ci-deſſus; mais avant qu'ils ſe ſoient raſſemblez en un point, ayant mis le verre concave F G dans leur chemin, ils s'écartent, & vont

rencontrer

rencontrer les humeurs de l'œil, peindre leur image renversée sur la retine, pour exciter la censation convenable à cet objet vû en sa situation naturelle; car tout objet vû directement par l'œil se peint sur la retine en situation renversée, par observation 5 ; plus cette lunette sera longue, plus on verra loin, mais peu d'étendue, à moins que l'objectif ne soit bien large. Sans changer l'objectif on allongera cette lunette, on decouvrira de plus loin, en substituant un oculaire concave d'une plus petite sphere; mais aussi on decouvrira encore moins d'étendue, par observation 5 & 8. Au contraire plus cette lunette est courte, les verres bien proportionnez, plus on decouvre d'étendue à une petite distance. On évitera les couleurs feintes des objets en plaçant à un pouce au-dessus de l'oculaire un cercle de carton fixe, & percé d'un trou d'environ deux lignes, plus ou moins par experience. Il est inutile d'avertir qu'on ferme chaque ouverture de la lunette d'un couvercle pour garantir les verres des accidens, quand on ne s'en sert point.

Les lunetes de Kepler sont composées d'un tuyau comme celui ci-dessus, & de deux verres convexes; mais l'oculaire sera au-dessous du foyer de l'objectif, vers le point où le foyer posterieur de l'objectif joint le foyer anterieur de l'oculaire, l'objectif sera de plus grande sphere que l'oculaire: on fait une lunette commode d'environ deux pieds & demi de longueur, avec un objectif convexe, dont le foyer est à deux pieds trois pouces, & un oculaire d'un pouce & demi. Pour les astres les lunetes sont plus longues, comme depuis 9 pieds jusquà 25 & même 50, & leurs longueurs sont ordinairement determinées par la sphere des oculaires. Ainsi un oculaire d'un pouce de foyer convient à un objectif, depuis 9 pouces jusqu'à 12 pouces de foyer : Voici une table des proportions des verres oculaires aux objectifs à peu près semblable à celle que M[r] Poliniere a donnée dans ses experiences physiques. L'oculaire de

1 pouce . .	4 lig. de foyer a un objec. de	12 pouces	jusqu'à	16 pou. de foy.
1 & demi	. . .	18	. . jusqu'à	24
1 . . .	10 lignes . .	2 pieds	jusqu'à	2 pieds & demi
2	. . . .	2 & demi	. .	3
2 . . .	3 . .	3	. .	3 & demi
2 & demi	. . . .	4	. .	4 & demi
3	. . . . .	4 & demi	. .	5
3 & demi	. . . .	5	. .	7
4	. . . .	8	. .	12
4 . . .	3 . . .	12	. .	24
4 & demi	. . .	25	. .	50

Pour rendre l'objet vû par ces lunetes plus clair, & éviter les iris, on met sur l'objectif un carton percé au milieu de la grandeur convenable par experience; il aura son diametre égal à l'objectif pour être retenu avec le même cercle qui retient l'objectif, & dans la longueur du tuyau A B, en C, en D, en E on placera plusieurs cartons de même, percez par proportion & experience; lesquels seront noircis comme tout l'interieur du tuyau qu'on frotera d'un noir huilé, puis on y mettra du charbon broyé, on les secouera, & on les fera secher; ou bien encore on les noircira avec la fumée d'une bougie de poix resine. Sous le verre oculaire on placera une pinule G A,

c'eſt un tuyau d'un pouce de long percé en entonnoir, dont la grande ouverture eſt vers l'œil, & la petite, d'une ligne ou deux, touchera l'oculaire; la longueur de cette pinule eſt relative aux differentes vues.

Fig. 26 *Uſage*. Placez l'œil en A de la figure 24, l'objet paroîtra très-grand, très-diſtinct, mais renverſé de haut en bas, & de droit à gauche; parce que les rayons, partant du point B de l'objet éloigné B C, vont rencontrer le verre objectif D E, & ſe raſſemblent au foyer F; ceux qui vont du point C vers D E, ſe raſſemblent en G, & de même tous les rayons qui viennent des points de l'objet entre B & C, ſe raſſemblent entre F & G pour s'y peindre en leur ordre, par obſervation 1re. Ces rayons ainſi raſſemblez trouvent là le foyer anterieur de la ſeconde ſurface du verre oculaire H I, ils ſe croiſent, & vont rencontrer le verre H I, & les rayons qui viennent du point G, paſſant par le verre H I, en ſortent paralleles, par la 3me remarque de l'obſervation 1re, ceux qui viennent du point F ſortent auſſi du verre H I paralleles entre eux, & ainſi des autres; & tous paſſant par les humeurs de l'œil ſe raſſemblent, comme s'ils venoient de F G; alors l'objet B C, qui ſera peint ſur la retine en ſens naturel, paroîtra renverſé; parce qu'il doit y être peint en ſens renverſé pour exciter la cenſation qui repond à B C vû ſans verre directement, & droit. Ces lunettes decouvrent plus d'étendue que celles de Hollande, parce que le foyer en eſt moins éloigné de l'objectif, toutes choſes égales d'ailleurs.

Les aſtronomes ayant beſoin de fixer des points dans l'objet qu'ils regardent, ne peuvent le faire avec la lunette de Hollande, dont le foyer eſt ſur la retine: au lieu qu'ici l'objet étant peint en F G, ſi on y croiſe une ſoie déliée, on fixe ce point ſur l'objet. On ſe ſert de cette lunette comme des pinules de quarts de cercle, on y place auſſi le micrometre, &c. Si on avancoit le verre H I davantage vers F G, alors les rayons ne ſortiroient pas encore paralleles entre eux; mais encore divergens, moins à la verité qu'ils ne partent de F G: Cette divergence des rayons conviendroit à un œil extraordinairement vouté, ou bien aux perſonnes de vue courte. Quand on ſe ſert de ces lunetes pour obſerver le ſoleil, les verres doivent être colorez pour garantir la vue.

Pour faire une lunette de quatre verres convexes (car nous ne parlons pas de celles à trois verres qui n'ont aucune utilité) rangez ainſi les verres. Soit l'objet éloigné B C, l'objectif D E au bout d'un tuyau; le 2me verre H I tellement éloigné de D E que le foyer poſterieur de D E convienne avec le foyer anterieur de H I, qui eſt à peu près de la ſphere d'un convexe oculaire convenable à l'objectif D E: ſi la lunette étoit à deux verres convexes ſeulement, le 3me verre L K à peu près de même ſphere que H I, ſera placé de façon que ſon foyer anterieur joigne le foyer poſterieur de H I; enfin le 4me verre O P encore de même ſphere à peu près que H I, eſt éloigné de L K, comme L K l'eſt de H I; c'eſt-à-dire le foyer anterieur de O P joint le poſterieur de L K. Les rayons de l'objet B C comme ci-deſſus ſont briſez en D E, & réunis en F G; d'où ils partent divergens vers Fig. 27. H I; mais par la raiſon ci-deſſus, par la 3me remarque de la 1re obſervation, ils en ſortent paralleles entre eux, & penetrent ainſi L K, lequel reçevant les rayons non divergens, mais paralleles, les réunit en M N, par obſervation premiere, où ils viennent ſous un angle bien plus grand qu'ils ne ſont venus de E en F, & de C en E. Par conſequent la 2me image M N de l'objet

BC est plus grande que la premiere FG; enfin les rayons partant de MN vers OP, ils en sortent paralleles, par la 3me remarque de la 1re observation, puisque MN est au foyer anterieur de OP; ces rayons entrent paralleles dans l'œil A éloigné de OP de la distance de son foyer, & brisez par les humeurs, ils vont peindre l'objet BC renversé sur la retine, en une très-grande étendue, & sous un fort grand angle : ce qui fait voir l'objet droit, plus grand & distinct. Il paroît droit parce qu'il est peint renversé sur la retine; il y est peint renversé, parce qu'il est droit en MN; & il est droit en MN, parce qu'il est renversé en FG; il est renversé en FG, parce que les rayons de BC droit se croisent sur la surface anterieure DE. Maintenant placez les verres ainsi rangez, les uns par rapport aux autres dans le tuyau AB de la figure 24, plaçant l'objectif DE en B, & les autres à proportion, observant de laisser vers A une pinule ou tuyau en entonnoir, comme nous avons dit en parlant de la lunette à deux verres convexes.

Usage. L'œil placé en A figure 24, si le tuyau est garni de quatre verres convexes; on verra très-distinctement des objets éloignez d'une lieue sur terre, quand les trois oculaires auront chacun leur foyer à un pouce & demi de distance : l'objectif qui auroit 12 pouces un peu plus, formeroit une lunette longue de 20 à 21 pouces; si l'objectif a 18 pouces, avec les mêmes oculaires la lunette aura environ 30 pouces de longueur, & on decouvrira des objets plus éloignez. Si les lunettes à deux verres ont l'incommodité de renverser l'objet, elles sont aussi plus nettes que celles à quatre verres, qui souffrent de la multiplicité des verres laquelle apporte toujours quelque confusion dans les objets.

Construction du microscope.

AYant déja parlé fort au long ci-dessus liv. 3 chap. 6, des differens microscopes, & de leurs effets, il ne nous reste qu'à faire à cet instrument les applications convenables des regles de la dioptrique, & d'examiner quels verres sont plus propres à grossir les objets fort peu éloignez de l'œil. Les telescopes nous font voir des objets qui ne paroissent pas à la vue ordinaire à cause de leur éloignement, & les microscopes qu'on pretend n'être que de l'an 1620, nous font remarquer les parties des corps que leur petitesse dérobe à la vue ordinaire; lesquelles cependant seroient apperçus d'un œil fort vouté. Ainsi de même que des personnes dont les yeux sont plats voient de loin sans le secours des lunettes, aussi ceux dont les yeux sont fort convexes, voient des objets très-petits & très-peu éloignez de l'œil.

Pour faire un microscope simple, tel que ceux des figures L, I, K, de la planche 10me, prenez un très-petit morceau de glace, que vous aurez detaché d'un gros avec les dents d'une clef; mouillez le bout d'une éguille longue avec de la salive, le petit morceau de glace s'y colera; ensuite mettez-le dans la flamme bleue d'une bougie un peu inclinée; il se fondera, & tombera en petite boule sur un morceau de papier qu'on aura mis dessous pour le recevoir; si la boule de glace est fort ronde & petite, on la placera sur un morceau de plomb troué, pour la recevoir, ou de la maniere que nous avons dit liv. 3 chap 2. Cette petite boule de glace

fera voir les objets très-grossis, parce que sa figure étant fort convexe, & fort proche des objets & des yeux, les rayons s'y brisent davantage, & sont reçus plus abondamment, & divergens dans la prunelle de l'œil à cause de la petitesse de ces verres.

Fig. 28. Les autres microscopes comme celui de la figure M planche 10me, sont composez de trois verres, comme nous avons dit; nous remarquerons seulement que l'objectif DE de ces microscopes doit être très-petit, & très-convexe. Si l'objet BC est placé à son foyer, les rayons sortiront paralleles de DE, & allant rencontrer le second verre HI, ils se rassemblent en FG, où ils peignent l'objet renversé & très-grossi; s'étant croisez ils tombent sur le troisiéme verre KL, d'où ils sortent paralleles, vont se briser dans les humeurs de l'œil, & peindre l'objet très-gros & droit sur la retine, alors on le conçoit renversé. Que si l'objet étoit placé plus loin que le foyer du verre DE; par observation 1re, les rayons seroient rassemblez en FG où est le foyer anterieur de HI, pour peindre l'objet gros; ensuite se croisant, & tombant sur IH, ils se briseroient, & sortiroient paralleles: en cet état rencontrant LK, ils en sortiroient pour se réunir à son foyer, tellement éloigné que ces rayons entrent dans l'œil encore presque paralleles, & après les refractions dans les humeurs ils s'unissent, & peignent l'objet droit sur la retine pour être conçu renversé. L'objectif DE est ordinairement de quatre lignes & demie de foyer, on reduit sa surface à une ligne, parce qu'on la couvre d'un carton noirci, qui est percé d'un trou d'une ligne seulement; le verre IH du milieu est de 3 pouces 2 lignes de foyer, & le diametre de sa surface de 16 lignes, pour recevoir plus de rayons distincts; le dernier verre a son foyer à 1 pouce 8 lignes, son diametre est de 12 lignes, les deux oculaires sont ordinairement fixez à 4 pouces & demi l'un de l'autre. Ordinairement du deuxiéme oculaire à l'objectif, il y a encore 4 pouces & demi; ce qui donne 9 pouces à un tel microscope: cette longueur n'est pas invariable, la difference des vues, & la disposition des verres y changent quelque chose. On remarquera que dans les telescopes, c'est l'objectif qui doit être grand, & les oculaires petits: ici tout au contraire l'objectif est d'une très-petite sphere, & les oculaires sont d'une sphere un peu plus grande, mais d'un très-grand diametre: ces petites spheres grossissent extraordinairement un objet, parce qu'elles rompent beaucoup les rayons, & font voir les objets sous de plus grands angles, qui occupent par consequent une très-grande étendue sur la retine. Nous nous sommes assez étendu sur les usages des microscopes liv. 3. chap. 2, pour nous dispenser d'en parler davantage.

Des verres convexes propres à produire du feu aux rayons du soleil.

Fig. 29. ON lit dans la premiere scene du second acte des Nuées d'Aristophanes que Strepsiade vieillard dit à Socrate, qu'il a trouvé chez les droguistes une pierre très-avantageuse à payer ses dettes sans donner d'argent. Quand on me presentera mon obligation, dit ce vieillard, j'exposerai cette pierre au soleil sur mon billet, & je fondrai la cire, parce qu'alors on écrivoit sur une couche de cire ce qu'on vouloit, après en avoir enduit une écorce d'arbre. On juge que cette pierre ne pouvoit être autre chose que le verre convexe dont nous parlons: il seroit étonnant que de cette proprieté du verre convexe connue, on ne

soit venu qu'à la fin du treiziéme siecle à la connoissance du secours qu'il pouvoit donner à la vue. Quelle que soit la cause de cette ignorance pendant tant de siecles, quand on fait application du principe general de la dioptrique, on conçoit aisement, par observation 6me, que les rayons du soleil qui viennent paralleles sur un verre convexe se réunissent, après leur passage, à un foyer, où à cause du mouvement continuel & très-violent dans lequel ils sont toujours par la pression du soleil, ils doivent par leur multitude en exciter un très-vif sur les corps qu'ils touchent en un très-petit espace, & les brûler. Il ne faut que jetter la vue sur la figure 29 pour conçevoir la construction & l'effet de ce verre. C est le soleil dont les rayons viennent paralleles sur la lentille A B, laquelle brise ces rayons, & les réunit à son foyer D, où on place un tison qui s'allume d'autant plutôt que le soleil est vif, & que la lentille reçoit & réunit davantage de rayons à cause de l'étendue de sa surface & de sa convexité. Si le verre ardent A B étoit fort grand, & avoit par consequent son foyer très-éloigné, son effet pouroit souffrir de cet éloignement; mais non-seulement on remedie à ce défaut, mais encore on augmente extraordinairement l'effet de ce verre A B, en lui ajoutant un autre verre convexe de plus petite sphere en E F, lequel rassemblera les rayons, déja brisez, à un foyer bien plus proche, & produira des effets bien plus extraordinaires; comme de fondre les metaux, & calciner les pierres. On ajoute même ce second verre convexe quand les rayons du soleil couverts de nuées sont foibles, afin d'en augmenter la vivacité. Ces verres ardens sont ordinairement enchassez en une piece de bois, qui a une poignée, par laquelle on lui donne une situation perpendiculaire au soleil, & ainsi le foyer est toujours en bas, au lieu que les miroirs ardens par réflexion auroient leur foyer en haut: ce qui forme un obstacle invincible à beaucoup d'experiences, qui ont été pratiquées avec le verre ardent de M^{r} le Duc d'Orleans. Ce verre peut passer pour le plus parfait qu'on ait encore vû, il est de la façon de Mr Tschirhausen alleman, associé à l'academie de Paris, & produit des effets très-surprenans; ils sont rapportez presque tous dans les memoires de l'academie des Sciences, avec la description exacte de ce verre, qui est d'une sphere considerable, de 3 pieds de diametre, & d'une épaisseur très-proportionnée. C'étoit la difficulté de trouver un verre assez épais, & de l'attacher assez ferme pour être travaillé qui avoit empêché de tenter ce travail sur le verre, & qui avoit obligé jusqu'à present de s'en tenir aux miroirs ardens concaves. Il est monté sur un chassis de charpente, qui a un mouvement de charniere entre les brancars d'un petit chariot, qui le conduit où on veut. On place au besoin sur le même chariot, & de la même façon, un second verre convexe, pour accourcir le foyer du premier, & augmenter sa vivacité.

On entend aisement que tout corps diaphane peut produire du feu aux rayons du soleil, plus ou moins promtement à proportion des qualitez particulieres de ces corps. Ainsi une phiole F E de verre, ronde & très-mince, d'une grandeur mediocre, si elle est remplie d'eau & exposée au soleil, brûlera à son foyer en G. Nous dirons par la suite pourquoi les rayons brisez ou réflechis du feu ordinaire ne brûlent pas si vivement que ceux du feu du soleil, quand nous parlerons de la réflexion des rayons.

Fig. 304.

Des verres convexes polygones ou à facettes.

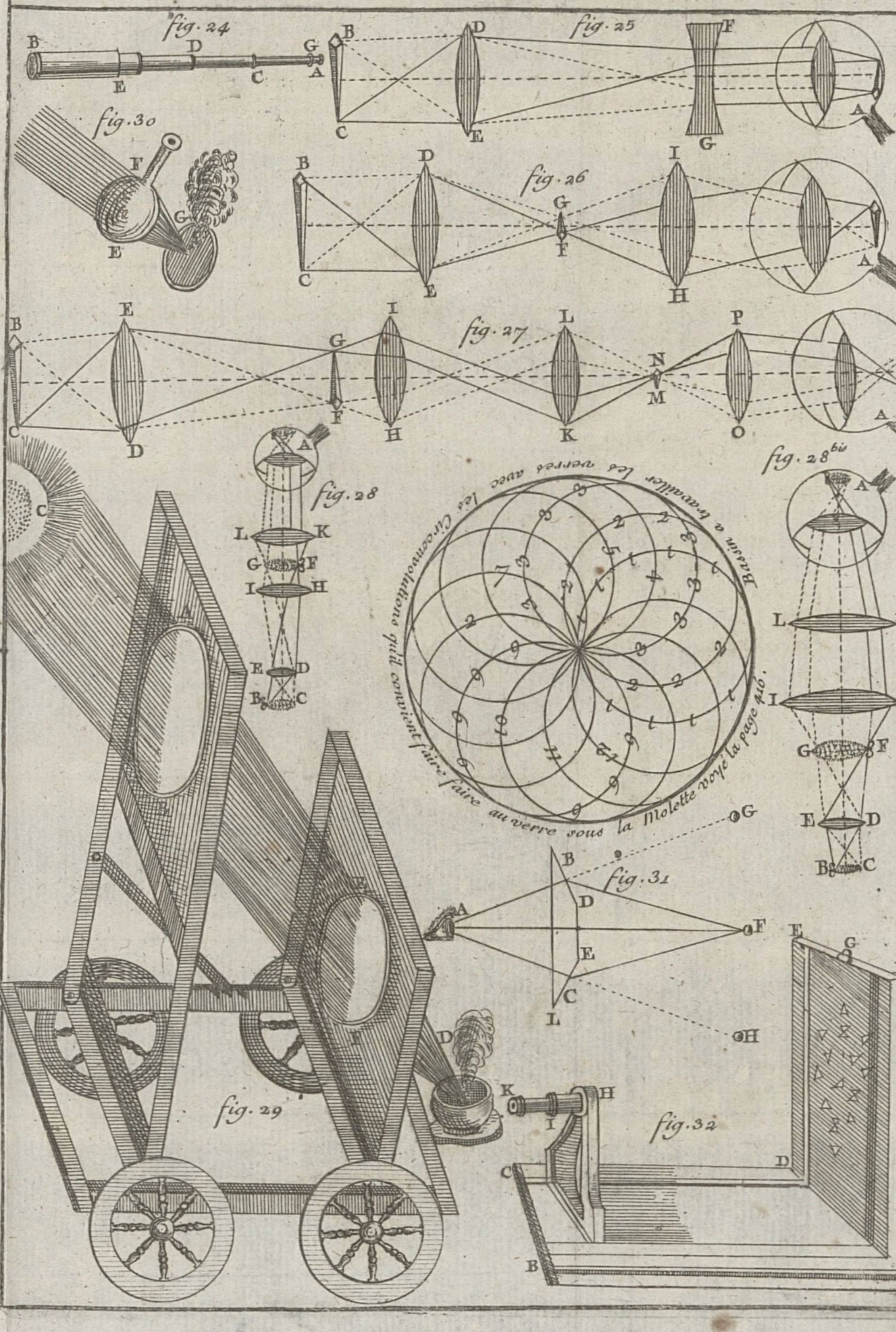
Fig. 31. LE verre à facettes est un verre plan d'un côté, & de l'autre taillé à plusieurs faces, comme celui B D E C L ; les rayons qui viennent de l'objet F sur la face D E ne se brisent point & viennent naturellement à l'œil A, qui par cette face voit l'objet en sa veritable place ; mais les rayons de cet objet F qui viennent obliquement sur les faces B D, E C, se brisent en approchant de la perpendiculaire, pour se réunir en un point; mais ils rencontrent l'œil, & vont y peindre la même image autant de fois qu'il y a de faces, comme si l'objet étoit placé en G, en F, & en H, parce que nous croyons que les rayons nous viennent en ligne droite, ce qui n'est pourtant pas vrai. C'est sur l'effet de ces lunettes à facettes qu'on fait des *tableaux magiques* ou *trompeurs, tout-à-fait difformes quand on les regarde sans de semblables verres :* & pour les executer, on élevera à plomb sur une table

Fig. 32. A B C D une planche A D E F qui pourra être haussée & baissée verticalement, & un pied B C H qui pourra avancer ou reculer entre des renures A B C D : on placera au haut du pied en H un tuyau I K auquel on aura fait un trou vers le foyer du verre à facette placé en H. Ensuite ayant colé sur D E F A un papier, & arrêté le pied avec le verre H au point convenable, plus ou moins éloigné du papier, selon qu'on voudra éloigner plus ou moins les unes des autres les parties de l'objet qu'on veut dessiner sur le papier; au petit trou K, placez une lampe, dont la lumiere soit très-tranquile, cette lampe enverra de la lumiere sur le papier blanc appliqué en E F D A, & on marquera avec du crayon le contour de ces faces lumineuses, dans lesquelles on peindra les parties differentes d'un objet qui doivent se réunir toutes quand on les regardera par le verre à facettes, placé dans le tuyau K I : ainsi quand on regardera par le trou K, on ne remarquera qu'une seule figure bien proportionnée, laquelle sans verre ne representoit aucun objet determiné; sur tout, si le peintre a soin de remplir les espaces non-lumineux de differens sujets, qui ne paroîtront plus par le verre à facettes.

De la qualité des verres, des instrumens necessaires, pour les travailler, & de la maniere de réussir en ce travail.

LE choix de la matiere d'un verre qu'on veut travailler est très-necessaire, autrement on risqueroit de perdre beaucoup de tems & de peine. S'il doit être grand & épais, on fait fondre au fourneau une assez grande quantité de matiere pour être jettée, & remplir le moule creux d'un cylindre, ce cylindre de verre aura les dimensions qu'on souhaite peu plus : quand la matiere sera refroidie, on la decouvrira & polira sur ses deux côtez plans ; ou bien, si le verre ne doit pas exceder les mesures des verres ordinaires, on choisira des fragmens de glace de Venise ou autre. On examinera ainsi la matiere de verre qui doit être travaillée : on l'exposera au soleil, reçevant les rayons sur un papier blanc qui fera voir s'il y a des filets, bouillons, ou autres inégalitez ; ensuite on regardera quelque objet élevé, comme la pointe d'un clocher, haussant & baissant le verre devant

Planche Trentesixieme



l'œil, pour voir si l'objet ne paroît pas ondoyant. Il est rare de trouver des verres épais & larges, & en même tems exemts de ces défauts. C'est ce qui augmente beaucoup le prix des grands sur les petits ; la couleur du verre la plus avantageuse est celle qui tire un peu sur le bleu ou le vert de mer. Il faut aussi que le verre soit d'égale épaisseur, afin que les deux superficies soient bien paralleles. Les grands verres sont fondus de la grandeur & de l'épaisseur convenables, mais les petits sont coupez avec la pointe du diamant. Un verre dont on veut faire un objectif de 12 ou 15 pieds, aura environ deux pouces de diametre, ainsi des autres à proportion. Un oculaire convexe, du plus petit au plus long foyer, aura au plus depuis 8 jusqu'à 22 lignes : on les arrondira en mettant un peu de mastic au milieu de leur surface, pour y placer la pointe du compas, & y tracer de l'autre une circonference avec la pointe du diamant ; on les arrondira avec le gresoir de vitrier ou avec une pincette : le verre ainsi préparé, sera appliqué & collé contre une molette ou poignée qui sert à tenir le verre pour le travailler & le polir.

Le mastic qui sert à asseoir le verre sur la molette est composé d'un quart de bonne raisine, de l'ocre très-douce, ou de blanc d'espagne fin, le tout bien broyé & tamisé très-subtilement, qu'on incorporera doucement & également dans trois quarts de poix noire bien choisie, après quelle sera fondue en melant cette poudre peu à peu avec la poix jusqu'à ce que le tout ne fasse qu'un corps également penetré de cette poudre.

La molette est un morceau de bois ou de buis, ou même de cuivre, taillé en petit dome, de sorte qu'il puisse servir de poignée à retenir le verre qui y est mastiqué. La figure 33 en fait voir une coupée perpendiculairement ; *a* est un trou qui perce toute la molette pour laisser échapper l'air qui auroit été enfermé par le mastic ; *b c* sont une doucine ou rebord, qui empeche les doigts de descendre plus bas, & sert à faire peser sur le verre ; le dessous *b* est creux & inégal vers son centre pour y faire mieux tenir le mastic, sur lequel on applique bien également le verre qu'on doit travailler. La figure 34 fait voir cette molette toute garnie & montée d'un verre.

XXXVII. *Planche.* Fig. 33. Fig. 34.

Les bassins, platines, ou formes à travailler les verres, sont ou concaves spheriques, ou convexes, de differentes grandeurs de sphere : on peut travailler un objectif de 20 à 25 pieds de foyer dans une forme de 10 à 12 pouces de diametre, & ainsi des autres à proportion ; ces formes sont de fer ou de laiton, l'un & l'autre le plus doux qu'on pourra trouver : le fer sera forgé, & le laiton jetté en fonte avec soin, comme nous dirons quand nous enseignerons à fondre des miroirs ardens concaves. Il faut avoir des modeles de formes ou bassins, faits d'étain ou de bois de poirier bien sec, ausquels on aura donné l'épaisseur & la grandeur convenables sur le tour ; quand ces platines ou formes convexes ou concaves sortiront des mains du fondeur, on les montera sur l'arbre d'un tour bien stable, de sorte qu'elles soient bien perpendiculaires, & exactement concentriques à cet arbre du tour ; cela se fait aisement par le moyen d'une espece de roue ou cercle de fer dont les croisées sont fendues assez large par le milieu, pour y recevoir quatre tenons *a b c d*, qui coulent juste dans les fentes ; ces tenons sont taraudez par-dessous pour les arrêter avec des écroux *i*, à l'endroit où on veut ; les dessus de ces tenons sont recourbez à l'équerre *h* ou portent la vis *g* dans l'écrou *f*, pour pouvoir retenir ferme les bassins

Fig. 35.

par les bords ou par la pointe de la vis *g*, & les empecher de changer de situation : on place quarrément ou à vis *e* ce cercle juste au centre de l'arbre d'un tour en l'air, ensuite on approche legerement l'outil à l'extremité & au milieu de la forme pour voir si elle est bien centrée : on avance ou recule les tenons & la forme jusqu'à ce que l'outil touche également par tout, & on serre les quatre vis pour arrêter ainsi le bassin, puis on conduira l'outil d'acier trempé, du centre à la circonference de la forme, & de la circonference au centre, autant de fois qu'il sera necessaire pour decouvrir toute la superficie concave ou convexe de la platine, laquelle étant parfaitement formée sera retirée de dessus le tour pour servir à travailler les verres. Les verres montez & mastiquez horisontalement sur la molette, on affermira sur une table la platine ou forme convenable à la sphere du verre qu'on veut travailler, & y ayant mis du grais de meule à aiguiser, mediocrement dur, broyé en poudre, on conduira le verre en tournant la main depuis la circonference de la forme jusqu'à son centre, & de son centre à la circonference par plusieurs contours, tant que le verre usé par ce frottement soit parfaitement formé; on le polira & on l'adoucira avec d'autre grais qui a déja servi : quand le verre sera bien poli & adouci, ce qu'on examinera en le regardant avec un verre qui grossit les objets; on ne se servira plus de grais, mais ayant bien lavé la forme aussi bien que le verre, & la molette pour en ôter tout le grais; on étendra sur la forme un morceau de cuir bien doux, ou de drap fin, qui doit être bien tendu, & toucher par tout sur la forme; on l'humectera d'eau, de potée d'étain ou de tripoli fin d'Allemagne, qui auroit demeuré deux jours dans un creuset bien luté enterré dans la braise ou dans un four de boulanger, & on passera la molette sur le verre vivement, en la conduisant droit d'un bord à l'autre de la forme, observant à chaque tour & retour, de la tourner un peu entre les doigts sur son axe, de sorte qu'appuyant fortement de la main, on lui fasse toujours toucher la superficie de la platine ou forme : on remettra aussi de tems en tems de la potée sur le polissoir, l'abreuvant d'eau à chaque fois, tant que le verre ait acquis un parfait poli; on en fera de même sur l'autre côté du verre, proportionnant toujours les formes aux superficies qu'on travaille. Les superficies planes sont travaillées & finies sur des formes plattes, & les superficies concaves sur des formes convexes, avec cette difference neanmoins que les superficies convexes de petite sphere, comme des oculaires convexes peuvent être polies sur un cylindre concave de même sphere que la forme où ils ont été travaillées; ce cylindre concave sera garni comme la forme à polir ci-dessus, & on y promenera le verre, comme si c'étoit un bassin de grande sphere, c'est-à-dire, d'un bout à l'autre. Ce cylindre concave pourra être long d'un pied, il faudra tourner le verre entre les doigts, & le faire porter par tout sur le cuir abreuvé de potée ou de tripoli. Il est important de conserver ces verres, & de les pouvoir nettoyer de tems à autre, c'est pourquoi on les enchasse chacun dans une petite boëte separée qui se monte à vis, & qu'on place dans le tuyau au point convenable.

On conçoit que les verres d'une très-grande superficie, comme de deux pieds ne sauroient être travaillez sous la molette, & par consequent qu'il les faut travailler & polir comme les grandes glaces de Venise, en mettant le verre en la place du poids, & la forme en place de la glace; on enchassera

enchassera donc le cylindre de verre au centre d'une espece de grande roue qu'on chargera d'un fardeau, & plusieurs personnes tenant cette roue à sa circonference, la promeneront horisontalement avec le verre sur la concavité d'une forme couverte de sable ou de grais, pour donner la convexité, & de potée pour polir & perfectionner le verre. On travaille encore les verres sur le tour; cette methode est universelle pour toute sorte de verres quelque grandes que soient leurs superficies. On ne parle pas ici des telescopes à deux tuyaux, qu'on apelle *binocles*, parce que ces sortes de lunetes ne sont pas en usage dans l'astronomie, & que leur construction est trop embarassante.

Des corps propres à reflechir les rayons de lumiere, & les differens effets de la reflexion de ces rayons.

TOut corps opaque, dur & poli reflechit la lumiere, dont il reçoit les rayons plus ou moins abondament, selon des angles differens à proportion des configurations differentes de ces corps. On peut donc employer à la reflexion des rayons tout corps dur & poli, si on le rend opaque; c'est ce qu'on fait lorsqu'on colle des feuilles d'étain sur les glaces, & aussi tout corps dur & opaque si on le polit, comme le metail, dont on fait des miroirs, & ainsi des autres matieres convenables.

Tout le monde sait de quelle maniere sont faits les miroirs plans, dont voici les proprietez, en consequence du principe general de la catoptrique.

Consequences du principe general de la catoptrique, ou observations sur les miroirs plans.

1°. LEs rayons de l'objet K perpendiculaire au miroir plat A B C D placé horisontalement, sont reflechis en K sur eux mêmes; parce que l'angle d'incidence est de 90 degrez. Ainsi l'œil placé dans la ligne F K au-dessus ou au-dessous de K, verra par reflexion l'objet K en sa situation naturelle, si cet objet ne l'en empeche. C'est sous ce rayon perpendiculaire, comme le plus direct, que la reflexion est plus forte, & qu'on voit mieux un objet reflechi. Fig. 36.

2°. Les rayons de l'objet E qui tombent obliquement en F sur le miroir A B C D, passeroient outre en ligne droite, si ce miroir n'étoit opaque; mais à cause de sa densité, ces rayons sont reflechis en G, & font l'angle I F G de reflexion, égal à celui H F E d'incidence. Ainsi l'œil placé dans la ligne F G aussi loin, ou aussi près qu'on voudra du miroir, verra l'objet E; de même l'objet L sera vû sur la ligne M, & ainsi des autres. Fig 36.

3°. Le rayon de l'objet E fait avec la superficie inferieure du miroir au point F l'angle L F H, égal à l'angle de reflexion G F I. Ainsi l'œil placé dans la ligne F G, voit l'objet E, dans la ligne F L par delà le miroir, comme si veritablement cet objet étoit derriere le miroir sur cette ligne: & par une raison reciproque, l'œil en G verra l'objet E, comme il le verroit s'il étoit placé en N, après avoir fait ôter le miroir: ce point N est l'intersection de la perpendiculaire G I avec E F. Fig. 36.

4°. L'objet E representé dans un miroir plat A B C D, paroît autant enfoncé derriere le miroir, qu'il en est éloigné pardevant; parce que si on suppose ce point E descendu sous le miroir, il le sera par la ligne la plus courte, c'est-à-dire, par la perpendiculaire au Fig. 37.

miroir horisontal, qui sera E H ; mais cette perpendiculaire sera coupée en L par le rayon G F, prolongé en L par l'observation précedente ; donc l'objet E paroîtra en L. Ce point L est autant éloigné sous le miroir que E l'est dessus, puisque l'angle E F H est égal à celui H F L ; parce que L F H est égal à l'angle de reflexion G F I, lequel est égal à l'angle d'incidence E F H. Ainsi pour voir un objet qui est dans un petit espace, comme s'il étoit fort éloigné, il faut lui faire faire plusieurs reflexions sur des miroirs disposez sur les faces d'un polygone.

Fig. 38. 5°. L'objet E M envoie ses rayons sur le miroir: Savoir, le point E en P, qui est reflechi en G, par observation 2me, & est vû de G comme s'il étoit en L, par observation 3me, le point M envoie aussi son rayon en Q, qui est reflechi en R, & est vû de R, comme s'il étoit en N ; si on prend le milieu de G R pour y placer l'œil, parce qu'il doit voir ces deux points M E, il verra l'objet M E, comme s'il étoit en L N, mais renversé, parce que le point E est plus près sur le miroir & dessous que celui M ; par observation 4me, l'objet M E sera vû comme il seroit vû du point O, si le miroir étoit oté. Ainsi dans un miroir plat, lorsqu'on l'éleve au-dessus de la tête, les pieds & le pavé paroissent en haut, tandis que la tête paroît en bas. Par la même raison, ce qui est à droit paroît à gauche, & ce qui est à gauche paroît à droit.

6°. Si on approche un objet d'un miroir plat, dont la glace est épaisse, on y remarque deux images, l'une est bien éclairée, & l'autre est representée avec une lumiere plus foible ; cet effet est produit par la double surface du miroir, dont l'inferieure reflechit mieux que la superieure, parce qu'elle est plus près de ce qui rend le miroir opaque.

7°. Lorsqu'on approche fort obliquement une bougie allumée de l'extremité d'un miroir, & qu'on met l'œil à peu près aussi obliquement à l'extremité opposée, on apperçoit plusieurs images de la lumiere de la bougie, dont les unes sont plus foibles que les autres, par la raison ci-dessus.

8°. Si on dispose à angles droits deux miroirs perpendiculaires à l'horison, & qu'on s'approche de l'un en suivant une ligne qui lui soit perpendiculaire, il paroîtra que la même personne se meut en sens contraire : dans celui qui est parallele à la personne qui marche, elle paroîtra aller comme du septentrion au midi ; mais dans le miroir dont elle s'approche, elle paroîtra venir du midi au septentrion, par observation 4me.

Fig. 39. 9°. Si on dispose à angles droits le miroir plan *a b c d*, sur la ligne 1 D de la figure A planche 35, de la même largeur que cette ligne, & de la hauteur de H I ; ayant transporté le point de vue L K de H en M, en regardant dans le miroir par le trou K, on y appercevra en sens renversé, mais dans ses justes proportions, la tête qui paroissoit difforme sur le plan horisontal E D 1 G : parce que si au lieu de miroir, on avoit placé sur 1 D un verre plan, & sur E M G un plan noir perpendiculaire, alors l'œil regardant dans ce verre plan du point K perpendiculaire en H, il y auroit vû sur ce verre, & dans ses justes proportions en sens naturel la tête A B C D ; ce qui prouve que le miroir plan fait voir par devant en sens renversé, ce qu'on voit en sens naturel à travers & derriere le verre plan.

Fig. 40. 10°. Un miroir plan posé perpendiculairement à l'horison, & declinant de 45 degrez de la ligne opposée à l'œil, fait voir en ligne droite les objets qui font un angle droit avec l'œil. Si donc on fait un caisse dans

laquelle le miroir A B fasse avec le côté B F en B un angle de 45 degrez, que le côté AC soit attaché à angles droits au côté B F, au milieu du côté AC soit une ouverture D E, & au milieu du côté B F un gros tuyau pour regarder le miroir; on n'aura qu'à placer cette caisse sur une fenêtre, de sorte que D E soit en allignement avec un rue, on verra par le tuyau dans le miroir tout ce qui se passe dans la rue, comme si cette rue étoit directement opposée à l'œil. Si la face A F D C étoit fermée & revêtue interieurement d'une estampe qui representeroit un palais, un bois, &c. il n'y auroit qu'à couvrir le dessus de la caisse D B C d'un parchemin huilé; alors regardant par le tuyau, on y verra cette estampe representée, comme si on la regardoit directement. C'est sur ces principes qu'on construit des boètes d'optique, dont on cache l'artifice, en faisant regarder à travers d'un petit verre, dont les bords interieurs ont été depolis & usées, afin qu'on ne puisse regarder que directement dans le miroir, sans qu'il soit possible d'appercevoir les côtez de la boète. Le parchemin dont on couvre ces boètes pour les éclairer, doit être lavé plusieurs fois en de nouvelle eau, enfin dans de l'eau de fontaine, ensuite on l'étend avec des cloux sur des planches pour le faire secher à l'air: on huile ce parchemin quand il est sec, ou bien on y passe de tems en tems un vernis; auparavant on le teint quelquefois en verd avec du verd de gris, & du verd foncé, delayé dans du vinaigre. C'est par la disposition differente des miroirs plans, qu'on voit sans sortir d'une chambre, ce qui se passe dans une autre, & qu'on pratique une infinité de moyens de surprendre la vue.

Des miroirs spheriques, cylindriques, coniques, concaves & convexes.

IL est naturel d'inferer du principe general de la catoptrique, que les miroirs travaillez en differentes façons de convexité ou de concavité, peuvent produire par la reflexion des rayons de lumiere ou du feu, une très-grande partie des effets que les verres travaillez differement produisent par refraction: avec cette difference que les effets des miroirs concaves repondent à ceux des verres convexes, & les effets des miroirs convexes à ceux des verres concaves.

Consequences du principe general de la catoptrique, ou observations sur les miroirs spheriques, cylindriques & coniques.

1°. DAns un miroir concave A B spherique de metail, ou de verre étamé par derriere, les rayons de l'objet K placé au centre C, ou sur la ligne D, qui sert de diametre au miroir, tombant à angles droits sur le miroir, sont reflechis en K sur eux mêmes, par la 1re observation sur les miroirs plats; celui qui aura l'œil au centre C du miroir, ne verra que soi-même de quelque côté qu'il se tourne sur le point C. *Fig. 41.*

2°. Dans le miroir concave A B, les rayons de l'objet E tombant en F sont reflechis en B, parce que l'angle d'incidence est E G F, fait sur la ligne G H perpendiculaire au rayon F C, l'angle de reflexion doit lui être égal, c'est ici H F B. Si donc l'œil est placé sur la ligne F B, il verra le point E; que si le miroir concave étoit continué en sa sphere par delà B, ce point B de reflexion seroit encore reflechi comme en I, d'où il arriveroit

que placant l'œil en I, il verroit deux fois l'objet E dans le même miroir : ſavoir, en F par la premiere reflexion, & en B par la ſeconde ; ce qui n'arrive jamais dans les miroirs plans ou convexes.

3°. Dans le même miroir, ſi on tire du point E de l'objet par le centre K la ligne droite K L par delà le miroir, l'œil placé en B verra l'objet E ſur la ligne de reflexion B F, prolongée par delà le miroir au point L, où cette ligne de reflexion coupera la ligne K E F prolongée. Il peut arriver que cette interſection ſe faſſe au devant du miroir, comme il ſe fait derriere, & en ce cas l'objet & ſon rayon reflechi paroîtroient ſe toucher devant le miroir, c'eſt pour cela que ſe regardant dans ces ſortes de miroir, on ſe donne la main à ſoi-même en un certain point ; une perſonne qui vient derriere nous avec une dague, ſemble venir l'enfoncer dans le ſein d'une perſonne placée en un certain point du miroir. On ne remarque pas ces effets dans les miroirs plans qui n'ont aucun centre pour fixer la route de la ligne K E F L, qu'on ſuppoſe toujours perpendiculaire au plan d'un miroir plat.

Fig. 41. 4°. Les verres convexes d'une ſeule convexité ont leur foyer par delà leur centre vers leur diametre ; mais dans le miroir concave A B C, le foyer eſt au-deſſous du centre environ vers le milieu du demi-diametre, entre la ſurface concave, & le centre D au point G, vers lequel ſur l'axe du miroir D B ſe réuniſſent les rayons qui tombent paralleles E F H I entre eux ſur ce miroir : ils tombent ordinairement tels ſur un miroir qui n'auroit que 30 degrez de ſurface, à moins que l'objet ne ſoit au foyer, comme nous avons dit obſervation premiere.

Fig. 42. Si l'objet eſt donc placé au foyer, les rayons ſeront reflechis parallelement, comme ils ſortent paralleles d'un verre convexe ; car ſi on ſuppoſe l'objet placé en G, il enverra les rayons en H & en I, qui ſeront reflechis en E H, puiſque l'angle de reflexion eſt égal à celui d'incidence, & qu'on peut ſuppoſer l'objet au point de reflexion, comme au point d'où il tombe.

Si l'objet eſt plus près du miroir que ſon foyer G, les rayons ſeront reflechis divergens. C'eſt pourquoi, ſi on place là une chandelle, une grande lumiere en ſera reflechie par toute une grande chambre : ſi on écrit ſur le miroir des lettres, ces mêmes lettres ſeront imprimées en très-gros caractere ſur les murs, & en ſens contraire, comme dans les formes d'imprimerie. Si on place la chandelle au foyer G, les caracteres ſeront encore imprimez, mais moins groſſis ; ſi la chandelle eſt reculée par delà le foyer, les lettres devront paroître plus foiblement, mais en ſens naturel : C'eſt le fondement des lanternes magiques. Si on enferme un tel miroir dans une boète d'optique éclairée par le haut, de ſorte que l'objet ſoit moins éloigné du miroir que ſon foyer ; en regardant par le trou ordinaire à ces boètes, on verra dans le miroir l'objet plus grand que toute la boète.

C'eſt à leur foyer que ces miroirs brûlent, y ayant raſſemblé les rayons de lumiere que le ſoleil repand autour de lui, & darde ſur tous les objets qu'ils rencontrent. Il eſt à préſumer que les rayons envoyez de notre feu ordinaire, comme d'un charbon allumé ſur la ſurface d'un miroir concave, pourroient être réunis pour brûler à leur point de réunion ; mais deux obſtacles ſe preſentent, qui ne ſe trouvent point dans le ſoleil. 1°. Le ſoleil n'envoie que la ſimple matiere de la lumiere qui eſt repandue dans l'air, & ſans aucun melange ; notre feu ajoute à cette matiere de la lumiere, une matiere

huileuse qui se trouve dans le bois, & les autres matieres combustibles, ce qui altere déja beaucoup la force de notre feu. 2°. Le soleil envoie la matiere de la lumiere, ou son feu tout autour de lui, il pousse continuellement cette matiere à sa circonference : au lieu que 1°, notre feu n'est pas poussé de toute part, il s'éleve en haut sans beaucoup de violence d'aucun corps qui l'y pousse avec force, mais seulement parce que l'air étant plus pesant que la flamme, il l'éleve jusqu'à ce qu'elle trouve un air plus subtil, avec lequel elle soit en équilibre. D'où il suit que les rayons du feu ordinaire ne peuvent se porter contre un miroir concave, à moins que ce miroir ne soit tourné vers la terre, & ne le couvre ; alors sa surface sera bien-tôt ternie par la fumée. 2°. Ce feu melangé d'huile est bien foible, pour produire un effet considerable par sa reflexion : Cependant une personne m'a dit avoir tellement disposé deux miroirs paraboliques, qu'un charbon allumé, placé au foyer d'un de ces miroirs, mettoit en feu, par reflexion, un pacquet de poudre qu'on en avoit éloigné de quelques pieds. Mr du Fay de l'Academie des Sciences travaille à faire deux de ces miroirs pour cette experience.

On trouvera facilement le foyer d'un miroir concave en l'exposant au soleil, de sorte qu'il lui presente son centre ; & approchant peu à peu un morceau de bois, jusqu'à ce que le disque de lumiere reflechie parroisse le plus petit qu'on pourra ; ou bien ayant fait tomber de la poussiere vis-à-vis le miroir, on remarquera sur cette poussiere un cone éclairé, dont la pointe sera le foyer. La figure 43 fait voir un miroir ardent exposé au soleil, & brûlant un morceau de bois. Quoique selon les regles on puisse faire un miroir, dont le foyer soit fort éloigné, les rayons ne s'y uniroient pas mieux pour cela, à cause des differentes difficultez de l'air à traverser, & du travail exact de ce miroir. Ainsi il n'est pas croyable qu'Archimede se soit servi d'un miroir concave pour brûler la flotte des Romains, parce qu'eu égard à la distance des vaisseaux qui étoit de 30 pas, dit le P. Kirker, la portion de sphere du miroir, auroit dû être de plus de 120 pieds. Le plus vigoureux de ces sortes de miroir, est celui que Mr Tschirnaus avoit fait ; il étoit composé d'une lame de cuivre qui n'étoit guere plus épaisse que deux fois le dos d'une lame d'un couteau ordinaire, la largeur du miroir étoit d'environ trois aunes de Leipsick, & son foyer n'avoit que deux de ces aunes de distance. 1°. Il mettoit le feu en un moment à un morceau de bois mis à son foyer, & le vent ne pouvoit en éteindre la flamme. 2°. L'eau bouilloit en un moment, & s'évaporoit toute en peu de tems. 3°. Les metaux étoient bien-tôt fondus, & des lames de fer, d'acier, de cuivre, d'argent, &c. étoient percées en six minutes. 4°. Les pierres & les briques devenoient rouges comme un fer ardent. 5°. L'ardoise, les tuiles, les os, &c. se changeoient en verre. Les effets du miroir ardent qu'on voit à l'Observatoire de Paris, sont à peu près les mêmes, il a son foyer à trois pieds de distance. On en fait de carton, de paille collée, & de toute sorte de corps dur & poli. Le verre ardent de Mr le Duc d'Orleans, produit des effets encore plus surprenans par la refraction des rayons.

Fig. 43.

Il est indubitable que les miroirs paraboliques seroient bien meilleurs que les spheriques, dont nous avons parlé, parce qu'ils réuniroient mieux, & bien plus de rayons à leur foyer ; mais la difficulté de les construire les fait abandonner, parce qu'on peut se servir du tour pour faire les modeles des spheriques, & les polir sur le tour, qui ne peut pas être mis si facile-

ment en usage pour construire les modeles exacts des miroirs paraboliques.

Fig. 44. 5°. Dans le miroir convexe A B spherique de metail ou de verre étamé, les rayons de l'objet K placé sur le diametre prolongé du centre C, sont reflechis sur eux mêmes, par observation 1re.

6°. Dans le même miroir, les rayons de l'objet E tombant en F, sont reflechis en M, parce que l'angle d'incidence est E F G, fait sur la ligne G H perpendiculaire au rayon F C, l'angle de reflexion doit lui être égal, c'est ici M F H: Si donc l'œil est placé sur la ligne M F, il verra le point E.

Il est évident que ce miroir écarte les rayons, & produit par reflexion les effets que le verre concave produit par refraction. Il n'a donc point de foyer effectif; c'est-à-dire, qu'il n'y produit aucun effet.

Si on prolonge la ligne de reflexion MF, & si, par observation 3me, du centre C, on tire à l'objet E la ligne C E; le point I de leur intersection, sera celui de l'apparence de l'objet E par delà le miroir.

Ce point d'apparence I pourra se trouver sur le miroir, comme dans sa concavité; ce qui produira differens effets, comme dans le miroir concave.

Une personne dans la ligne C K, paroît toujours plus grande dans ce miroir à mesure qu'elle s'approche du miroir parallelement à soi même; parce que, par la remarque precedente, le point L de l'apparence de l'objet ou de la personne qui se voit paroîtra moins enfoncé, & par consequent plus près de l'œil, & sous un plus grand angle. Il arrivera la même chose, si l'objet demeure en K, & si l'œil s'approche du miroir dans la ligne K L; il verra même cet objet moins enfoncé dans le miroir.

7°. Les effets de la reflexion ne sont pas moins surprenans dans les miroirs cylindriques & coniques que dans les spheriques; car ces miroirs sont un composé des miroirs plans & des spheriques. Le cylindrique dans sa longueur a les proprietez du miroir plan perpendiculaire, & le conique du miroir plan incliné; l'un & l'autre, le cylindrique & le conique, dans leurs rondeurs, ont les proprietez des miroirs spheriques. C'est pourquoi si l'œil & un objet sont dans la ligne qui va de l'œil à l'axe du miroir cylindrique ou à son centre, cet objet sera vû comme dans un miroir plan, sur lequel son rayon tomberoit; c'est-à-dire, que ce rayon paroîtra aussi enfoncé dans le miroir qu'il en sera éloigné.

Si l'œil & l'objet sont en même situation, par rapport à un miroir conique qu'on les suppose ci-dessus à l'égard du cylindrique, l'objet sera vû comme dans un miroir plan autant incliné que le cone; c'est-à-dire, aussi enfoncé dans le cone qu'il le paroîtra dans le miroir incliné, de même inclinaison que le cone.

Si l'œil & un point de l'objet sont dans un plan parallele à la base du miroir cylindrique, la section de ce plan & du miroir étant un cercle, il arrivera la même chose qui arrive dans la ligne horisontale, qui passe par la circonference d'un miroir convexe élevé perpendiculairement; les grandeurs sont fort racourcies dans ce plan.

Le miroir conique dans sa rondeur a les mêmes proprietez, par rapport aux situations precedentes de l'œil & de l'objet, que differens miroirs cylindriques decroissans en diametre à proportion que le cone s'éleve.

Pour faire remarquer ces differens effets, voici la maniere de decrire sur un plan horisontal des figures difformes qui paroîtront belles par reflexion;

l'une sur la surface d'un miroir cylindrique, l'autre sur la surface d'un miroir conique perpendiculaires, & regardez d'un point determiné.

Premier exemple sur la surface convexe d'un miroir cylindrique. Ayant enfermé la figure qu'on veut déguiser dans un quarré A B C D, divisez ce quarré en seize autres petits quarrez, comme vous avez fait sur le prototype pour la perspective curieuse, figure A planche 35. Ces quarrez serviront à transporter la figure donnée dans des quarrez difformes qu'on aura décrits sur la surface placée au pied d'un miroir cylindrique, dont la base est le cercle F G H I, qui a le point E pour centre. Ce qui se fait ainsi : Supposez l'œil éloigné du cylindre d'un ou de deux pieds comme en K, & élevé perpendiculairement sur le point K, un peu plus haut que le cylindre, tirez par ce point K & par le centre E la droite K E, divisez K E en deux parties égales au point L. De ce point L & pour rayon L E, decrivez l'arc de cercle F E H, qui donnera sur la circonference F G H I les deux points F H. Par le point K & par les points F H vous tirerez les droites K F S, K H T, qui toucheront cette circonference aux mêmes points F H. Ensuite divisez chacun des deux arcs égaux E F, E H en deux également aux points M N, les droites K M, K N, donneront sur la circonference F I H, les deux points O P, par lesquels vous tirerez les deux lignes O Q, P R, en sorte que l'angle de reflexion F O Q soit égal à l'angle d'incidence P O K, en prenant la ligne K O pour un rayon d'incidence ; & que pareillement l'angle de reflexion H P R soit égal à l'angle d'incidence O P K, en prenant la ligne K P pour un rayon d'incidence : alors les cinq lignes I K, O Q, P R, F S, H T, representeront les lignes du prototype qui sont paralleles aux deux côtez A B, B C, que les deux touchantes F S, H T representent. Il ne reste plus qu'à diviser ces lignes en quatre parties égales en representation, comme nous allons enseigner.

Fig 45.

Ayant mené par le point I, où la ligne K E coupe la circonference F I H, la ligne 1, 2, perpendiculaire à la même ligne K E, qui sera terminée aux points 1, 2, par les deux touchantes K F, K H, tirez du centre E par le point H la droite H o, que vous ferez égale à la ligne 1, 2, & divisez-la en quatre parties égales aux points 7, 8, 9. Tirez ensuite par le point K la droite K X, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil, & parallele à la ligne H o, ou perpendiculaire à la touchante K H. Ayant appliqué une regle droite au point X, & aux points de division 7, 8, 9, o, marquez des points sur la ligne H T, dans les endroits où elle se trouvera coupée successivement par la regle; alors la ligne H T sera divisée aux points 7, 8, 9, T, en parties égales en apparence à celles de la ligne 1, 2, laquelle est divisée par les lignes tirées du point K en quatre parties, qui sont presqu'égales entre elles. Ensuite portez les divisions de la touchante H T, sur l'autre touchante F S. Reste à diviser la ligne P R en quatre parties égales en representation à celles de la ligne 1, 2 ; pour cela tirez par le point P la ligne P 6, perpendiculaire à la ligne K P, & égale à la ligne 1, 2. Divisez cette perpendiculaire P 6 en quatre parties égales aux points 3, 4, 5. Tirez pareillement par le point K la ligne K V, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil, & parallele à la ligne P 6, ou perpendiculaire à K P. Ayant comme auparavant appliqué une regle au point V, & aux points de division 3, 4, 5, 6, marquez sur la ligne K P, prolongée les points 3, 4, 5, 6, dans les endroits, où elle sera coupée par la regle. Enfin portez les divisions

de la ligne PN sur chacune des deux lignes PR, OQ, & faites passer par les points également éloignez de la circonference FGHI qui ont été marquez sur les quatre lignes FS, OQ, PR, HT, quatre circonferences de cercle, qui avec les lignes droites FS, OQ, IK, PR, HT, formeront seize quarrez difformes, dans lesquels on transportera la figure du prototype; elle se trouvera defigurée sur le plan horisontal, & paroîtra dans ses proportions sur la surface convexe d'un miroir cylindrique placé perpendiculairement sur la base FGHI, quand elle y sera regardée par l'œil élevé perpendiculairement sur le point K à la hauteur KX ou KV.

Il suffit d'avoir une moitié du cylindre convexe, parce que l'œil ne peut apercevoir que la moitié de sa convexité. Par l'application juste des observations 1, 2, & 3, 6, & 7, sur les miroirs concaves & convexes, & par la combinaison de ces observations avec celles que nous avons faites sur le miroir plan, non seulement on abregera beaucoup les operations ci-dessus, mais on saura tracer des figures difformes, sur un plan qui paroîtront par reflexion dans leurs justes proportions sur des surfaces de miroirs concaves, & même ondoyées. La figure 46 fait voir un miroir cylindrique élevé sur sa figure horisontale. Fig. 46.

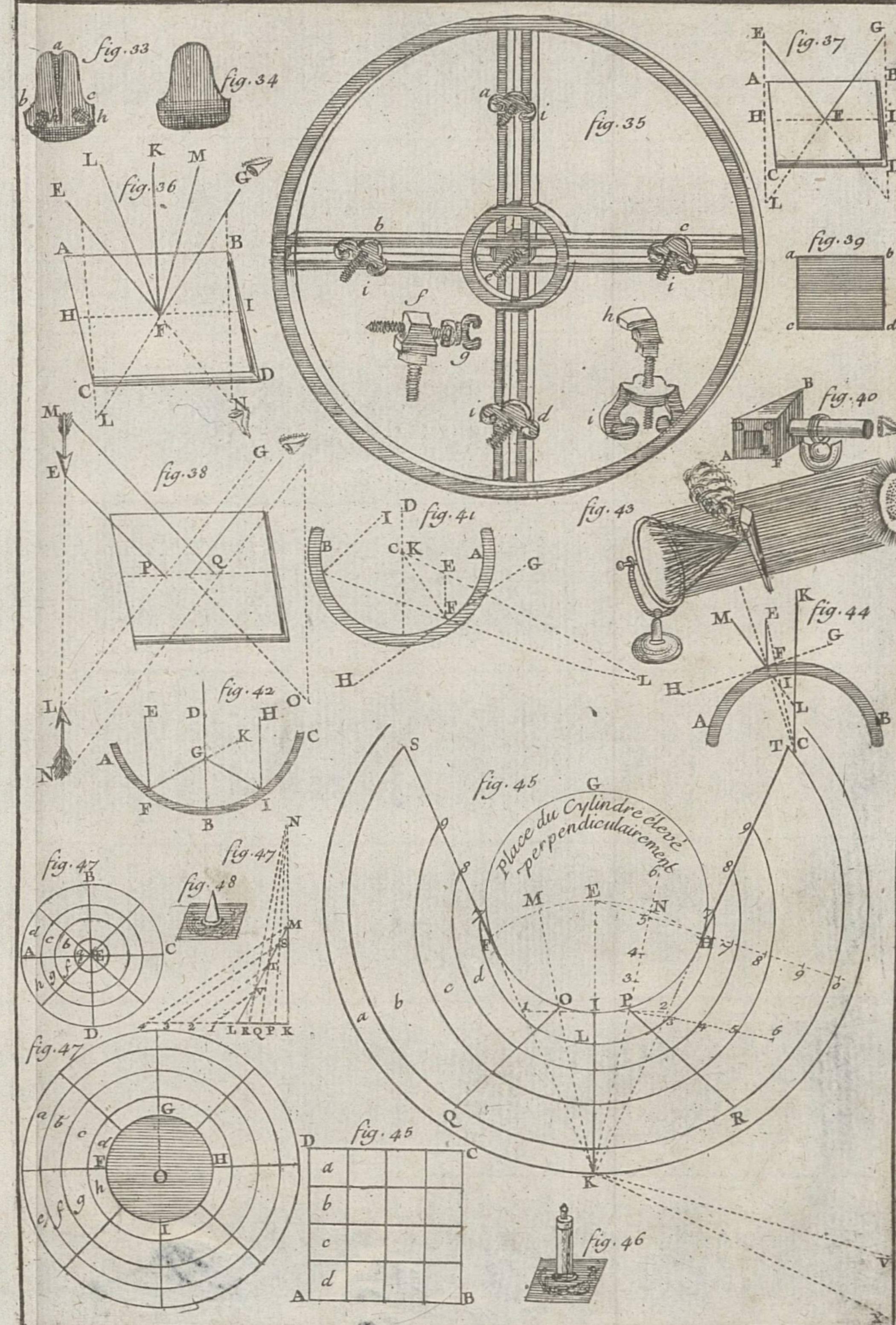
Fig. 47. *Second exemple sur la surface convexe d'un miroir conique.* Soit la figure ABCD à déguiser sur le plan horisontal, de sorte que regardée par reflexion sur un miroir conique, elle paroisse dans ses justes proportions. Ayant decrit un cercle autour de cette figure proposée, divisez sa circonference en tel nombre de parties égales qu'il vous plaira. Tirez du centre E par les points de division autant de rayons, dont l'un comme AE, ou DE, doit aussi être divisé en un certain nombre de parties égales. Decrivez du centre E par les points de division autant de circonferences de cercle, qui avec les demi-diametres precedens diviseront l'espace terminé, par la premiere & plus grande circonference ABCD en plusieurs petits espaces, qui serviront à contretirer la figure qui y sera comprise, & à la défigurer sur le plan horisontal au tour de la base FGHI du miroir conique en cette sorte.

Le cercle FGHI, dont le centre est O, a sa circonference égale à la base du cone donné; le triangle rectangle KLM, aura sa base KL égale au demi-diametre OG de la base du cone, & la hauteur KM égale à la hauteur du même cone, la ligne KM, prolongée en N de sorte que MN soit égale à KM, donnera en N le point de l'œil au-dessus de la pointe du cone, ou bien KN donnera ce même point de l'œil au-dessus de la base du cone perpendiculairement sur son centre. Divisez la ligne KL en autant de parties égales qu'en contient le demi-diametre AE, ou DE du prototype; tirez du point N par les points de division P, Q, R, autant de lignes droites qui donneront sur l'hypotenuse LM, qui represent le côté du cone, les points S, T, V. Faites au point V, l'angle LV1 égal à l'angle LVR; au point T, l'angle LT2 égal à l'angle LTQ; au point S, l'angle LS3 égal à l'angle LSP; & au point M, qui represente le sommet du cone, l'angle LM4 égal à l'angle LMK, pour avoir sur la base KL prolongée les points 1, 2, 3, 4.

Enfin du centre O, de la base FGHI, du miroir conique, & des intervalles K1, K2, K3, K4, decrivez des circonferences de cercle, qui representeront celles du prototype ABCD, & dont la plus grande doit être

divisée

Planche Trenteseptieme



divisée en autant de parties égales que la circonference A B C D. Ensuite du centre O, par les points de division, tirez des rayons qui donneront sur le plan horisontal autant de petits espaces difformes, que dans le prototype A B C D, dans lesquels on transportera le prototype qui se trouvera tout-à-fait défiguré sur le plan horisontal, & paroîtra dans ses justes proportions sur la surface convexe du miroir conique quand l'œil sera placé perpendiculairement sur le centre O à la distance de K N.

Vous observerez que ce qui est autour du centre du prototype, sera à la circonference dans la figure déguisée en plan horisontal, & ce qui est à la circonference du prototype, se trouvera toucher la base du cone dans la figure déguisée. La figure 48 fait voir un miroir conique, élevé sur sa figure plane. Fig. 48.

De même aussi que dans l'observation 10me, sur les miroirs plans, nous avons remarqué que l'œil devoit changer de place, pour voir par reflexion une figure déguisée & plane, aussi dans le miroir cylindrique faut-il placer le bas de la figure déguisée contre la base du cylindre, & le haut de cette figure déguisée du côté de l'œil.

Il y a cette difference entre le miroir cylindrique & le conique, qu'on ne peut se servir que d'une moitié du miroir cylindrique, comme nous avons dit, & que l'œil ne peut être placé que un peu plus haut ou plus bas, toujours vis-à-vis de ce miroir, pour voir des objets par reflexion. Mais dans le miroir conique non seulement l'œil peut être placé comme nous venons de dire ci-dessus, & tout le miroir reflechit des objets à l'œil; mais encore on peut placer l'œil comme au miroir cylindrique, le prototype sera beaucoup plus déguisé qu'au cylindre, & les espaces des cercles éloignez de la base très-éloignez les uns des autres. Par consequent la figure sur le plan horisontal sera d'une longueur surprenante en sa partie superieure; aussi ne se servira-t-on en ce cas que d'une moitié, peu plus, de la circonference du cone.

On voit que quand l'œil est perpendiculaire au centre du cone, toute la construction de la figure horisontale roule sur le principe general de la catoptrique, au lieu que quand l'œil est supposé éloigné du cone, comme du cylindre, & les regarder tous deux de même, il faut avoir recours aux observations 1, 2, 3, 4, 5, 6, sur les miroirs convexes & concaves.

Par les principes ci-dessus, on peut encore faire des figures planes difformes pour être vues par reflexion en leurs proportions dans des miroirs polygones, plans perpendiculaires, inclinez & de toute façon.

De la matiere des miroirs convexes & concaves, spheriques ou cylindriques, coniques, &c. des moules dans lesquels ils doivent être jettez, & de la maniere de les achever.

Les miroirs dont il s'agit, peuvent être faits de verre étamé, comme le sont ordinairement les glaces de Venise & autres, mais à cause des difficultez qui se presentent dans le travail des verres d'une largeur & d'une épaisseur considerable, tels qu'ils doivent être pour servir aux usages de la catoptrique, on se contente de les faire d'un metal composé de la maniere que nous l'apprenons des Recreations

mathematiques de Mr Ozanam, qu'on vient de reimprimer avec beaucoup d'augmentations.

Le metal propre à la construction des miroirs est un composé de huit parties de cuivre, qui n'ait pas encore servi; de deux parties d'étain d'Angleterre, & cinq parties de marcassite: faites fondre le tout ensemble, & prenez au bout d'un fer chaud un peu de cette matiere fondue; si étant réfroidie elle paroît trop rouge, vous y mettrez un peu d'étain; mais si elle est trop blanche, vous y ajouterez un peu de cuivre, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une couleur convenable. Ou bien à dix parties de cuivre, ajoutez quatre parties d'étain d'Angleterre, un peu d'antimoine, & de sel ammoniac; remuez cette matiere fondue avec une espatule, pour en faire sortir une vapeur dangereuse à respirer, & versez cette matiere fondue dans le moule convenable.

Les moules pour recevoir le metal ci-dessus se font ainsi. Choisissez dans une sabloniere deux pierres de grandeur convenable à votre dessein, & creusez grossierement dans une, le moule du miroir que vous souhaitez faire; taillez l'autre de la convexité que vous voulez donner à votre miroir, jusqu'à ce que ces pierres s'emboitent l'une dans l'autre, & pour y réussir mettez entre ces deux moules ainsi taillez du sable passé au crible, & mouillé après; frottez ces moules l'un dans l'autre circulairement s'ils sont spheriques, elliptiques, paraboliques ou coniques, ou en long s'ils sont cylindriques. Quand ces deux moules s'emboiteront parfaitement, lavez-les pour en ôter tout le sable. Ensuite pulverisez de la boue desséchée, passez-la au tamis, detrempez-la dans de l'eau, & étant reduite en bouillie passez-la par un bluteau ou tamis, prenez de la fiente de cheval & de la bourre que vous mêlerez avec cette masse pour en faire un même corps d'une certaine consistance; vous pourrez incorporer dans cette espece de mortier du poussier de charbon ou de la brique, bien pilée & passée au crible. Après avoir étendu ce lut sur une table, passez un rouleau de bois dessus plusieurs fois, jusqu'à ce que vous lui ayez donné l'épaisseur que vous voulez donner au miroir; suppoudrez ce lut ainsi étendu de poudre de brique pilée, afin qu'il ne s'attache point au moule, dont vous lui ferez prendre la figure en le mettant dans ce moule; quand ce lut sera sec, vous le frotterez de graisse ou de suif, & le remplirez d'un couvercle de même lut; & quand ce couvercle de lut sera sec, vous ôterez le lut qui a la figure & l'épaisseur du miroir, & qui occupe la place entre le moule de pierre & le couvercle de lut; frottez ensuite le dedans du moule de pierre d'un composé de craie & de lait mêlez ensemble, & remettez le couvercle dans ce moule, de sorte qu'il laisse vuide la place que le lut qui avoit la figure du miroir occupoit; pour cela vous ferez un rebord au couvercle qui s'appuiera sur le bord du moule de pierre. Je suppose que vous ayez fait des repairs ou marques sur le couvercle, & sur le moule de pierre quand le lut étoit entre deux, pour placer le couvercle sur le moule vuide, comme quand il étoit plein. Enfin garnissez & embrassez de fils de fer le dehors du moule de pierre, & menagez deux trous au rebord, l'un pour verser le metal, l'autre pour faire sortir l'air à mesure que le metal en prendra la place; n'oubliez pas d'enterrer ce moule ainsi disposé, ou de lier fortement le couvercle avec le moule, car autrement quand le metal fondu couleroit dans le moule il enleveroit le couvercle.

On achevera le miroir de la même maniere qu'on polit les verres : avec le même mastic qui sert à coler les verres, on attachera le miroir à une molette, ou au centre d'une roue horisontale, comme nous avons dit des grands verres convexes, & ayant couvert la surface du moule de pierre, de sable broyé & mouillé, on frottera le miroir dans ce moule ; quand le miroir sera bien frotté, on retirera le grais du moule, cependant on frottera jusqu'à ce que le miroir paroisse propre à être poli ; alors on laissera secher le moule rond de pierre, & quand il sera sec, vous le couvrirez d'un papier blanc, sur lequel vous mettrez du tripoli & de la potée d'étain, & frotterez encore le miroir jusqu'à ce que sa surface convexe soit bien polie. Maintenant pour travailler la surface concave ayant ôté la molette ou la roue, & le mastic qui les tenoit collez ; affermissez bien sur une table solide le miroir posé sur sa convexité, & avec une espece de balle d'imprimerie composée de fillasse bien serrée, mouillée & chargée de sable ou de grais broyé, frottez avec force toute la concavité du miroir, en promenant la balle, de la circonference au centre, & du centre à la circonference par plusieurs circonvolutions, également par tout ; quand il sera tems ôtez le sable de dessus le miroir, lavez le miroir & la balle, & continuez encore de frotter de la même façon jusqu'à ce que le miroir paroisse propre à être poli ; alors essuyez bien le miroir, couvrez la balle de cuir ou de drap fin, que vous imbiberez d'eau & de potée d'étain ou de tripoli, frottez encore par circonvolution également, & avec force par toute la surface concave, de la circonference au centre, & du centre à la circonference, & même directement d'un bord à l'autre, appuyant également la balle par tout jusqu'à ce que le miroir soit poli.

On pourroit travailler sur le tour les surfaces convexes & concaves du miroir, comme nous avons enseigné ci-dessus à travailler les bassins avec le secours d'une roue, & de quatre tenons de la figure 35 ; quand la concavité seroit finie, on retourneroit le miroir pour travailler la convexité : on poliroit même ces surfaces sur le tour, leur presentant, au lieu de l'outil trempé qui a servi à les éclaircir, un morceau de bois rond & couvert d'un cuir ou d'un drap imbibé d'eau & de potée d'étain ou de tripoli : on conduiroit ce polissoir de la circonference au centre, & du centre à la circonference, le pressant également par tout contre le miroir, jusqu'à ce qu'il soit parfaitement poli. C'est de ces manieres qu'on peut travailler les miroirs spheriques, elliptiques, paraboliques & coniques ; mais les cylindriques ne peuvent être travaillez qu'en ligne directe par le frottement d'une molette & d'un balle imbibée de grais ; & ensuite de tripoli selon qu'il convient, parce que ces miroirs ne sont ordinairement que des moitiez de cylindre coupez en leur longueur.

Fin du neuviéme Livre.

Description des principaux outils dont on se sert pour la construction des instrumens de mathematique.

LE principal outil & le plus necessaire est un gros étau. Il sert à tenir l'ouvrage pour le limer, & autre usage. Il faut que l'étau soit bien limé, que les mords se joignent bien, qu'ils soient taillez en lime & d'une bonne trempe, & que la vis s'ajuste comme il faut dans sa boëte. On l'attache fortement à un établi qui doit être scelé fixement en quelque endroit que ce soit.

On se sert aussi de petits étaux à main, de differente grosseur, suivant l'ouvrage qu'on veut limer.

L'enclume ou tasseau sert pour écrouir & dresser l'ouvrage au marteau. Elle doit être d'acier trempé & bien unie, & est placée sur un gros billot de bois pour la maintenir à la place où elle est posée.

Il y a des tasseaux d'établi qui servent à dresser & à river les petits ouvrages ; à quelques-uns il y a d'un côté un bout qui est rond & qui va en pointe, il sert à arrondir les virolles ; & de l'autre côté le bout est quarré & va aussi en diminuant. On nomme cette sorte de tasseaux, bigornes.

Les scies à main sont faites de maniere qu'il y a une branche qui bande les feuillets de differentes épaisseurs, & qu'on arrête par le moyen d'une vis & d'un écrou.

Il est necessaire d'avoir de bonnes limes. Celles d'Allemagne sont les meilleures pour les rudes : pour les bâtardes & les douces, celles d'Angleterre sont fort bonnes. On doit aussi avoir de petites limes rudes & douces, à refendre, en triangle, de quarrées, de rondes, demi-rondes, &c. des rapes pour dégrossir le bois ; des marteaux un peu gros à panne droite & à panne de travers, pour étirer, dresser & planir l'ouvrage ; de petits marteaux d'établi pour river les clous ; des marteaux à tête ronde pour emboutir les pieces en rond, &c.

Des filieres doubles & simples qui servent à faire des vis, dont les pas & tarauds soient de differente grosseur & finesse.

Tenailles & pinces de plusieurs façons. Cisoires de differentes grandeurs pour couper le metal. Brunissoir pour polir l'ouvrage. Des forets d'acier de diverses grosseurs pour percer les trous, dont un bout est limé en langue de chat, & l'autre en pointe : on s'en sert de differente maniere. Il y en a qu'on met dans un tour à percer, qui est composé d'une moyenne barre de fer quarrée, de deux petites poupées qui portent une boëte à bobine, dans laquelle on place le foret dans un trou quarré qui traverse le corps de la boëte, & qu'on fait tourner par le moyen d'un archet fait d'un bout de fleuret qui est percé par le haut, dans le trou duquel on passe une corde à boyau. On met cet outil dans l'étau quand on veut s'en servir. On perce aussi en mettant l'ouvrage dans l'étau, & le foret dans une bobine, soit de bois ou de cuivre. On applique le bout du foret dans un petit

creux qu'on fait à une plaque de cuivre ou de fer, & qu'on appuie contre l'estomac ; alors plaçant la pointe du foret à l'endroit qu'on veut percer, on fait tourner le foret par le moyen d'un archet.

Le tour est aussi d'un grand usage ; le plus simple est fait de deux poupées de cuivre ou d'acier qui coulent au long d'une barre de fer quarrée, & d'un support qui coule pareillement au long de ladite barre, & qui sert d'appui aux outils. Au haut des poupées sont deux vis d'acier trempé qui les traversent, & qu'on arrête par le moyen d'un écrou. Pour se servir de ce tour on le place dans l'étau, & on met l'ouvrage qu'on veut tourner entre les deux pointes des vis ; quand on veut tourner à la main on se sert d'un archet fait d'un fleuret mince, dans le bout duquel on passe une corde à boyau ou de fouet.

Les grands tours pour tourner au pied, sont composez de deux poupées & de deux jumelles ou coulisses de bois, de la longueur & grosseur proportionnée au tour ; elles sont soutenues par deux pieces de bois qu'on nomme les pieds du tour. Les coulisses sont posées de niveau, & distantes l'une de l'autre de deux à trois pouces, suivant la grosseur des poupées qui doivent se mettre entre deux Ces coulisses sont assemblées par les bouts sur les pieds qui ont environ quatre pieds de hauteur, & sont assemblées en bas dans deux autres pieces de bois posées de travers, pour rendre la machine plus stable & plus solide.

Les poupées sont deux pieces de bois d'égale grosseur & longueur ; une partie de ces poupées doit être entaillée pour se mettre entre les deux coulisses ; le reste qui est la tête de la poupée, & qui est coupé quarrément, pose solidement dessus la coulisse, & afin qu'elles soient plus fermes, il y a des clefs de bois que l'on fait entrer à coups de maillet dans des mortoises, qui sont au bas des poupées au-dessous de la coulisse.

Au haut de chaque poupée il y a une pointe d'acier trempé solidement enclavée dans le bois ; les deux pointes doivent être si justement placées, qu'elles se touchent dans un même point quand on les approche l'une de l'autre.

Il y a aussi une barre de bois qui va tout du long, & qui est soutenue par les bras des poupées, qui s'approchent & s'éloignent comme on veut. Cette barre sert d'appui pour les outils lorsqu'on travaille.

Contre le plancher & au-dessus du tour est une perche disposée en arc, au bout de laquelle il y a une corde qui descend jusques à terre & qui s'attache au bout d'une piece de bois qu'on nomme le marche-pied. Quand on veut travailler l'on tourne la corde autour de la piece qu'on veut tourner, ou d'un mandrin qui lui est ajusté ; & en appuyant le pied sur la marche, l'on fait tourner l'ouvrage par le moyen de la perche ou de l'arc qui fait ressort, puis avec des outils propres aux ouvrages qu'on appuie sur le support, & qu'on pose contre les pieces qu'on veut tourner, on les dégrossit d'abord avec de gros outils, & ensuite on les finit avec d'autres plus délicats.

Comme toutes sortes d'ouvrages ne se peuvent pas tourner entre deux pointes, & qu'il les faut souvent tourner en l'air, on ôte une des poupées, & on y met à sa place une piece de bois garnie de fer, qu'on nomme lunette, qui s'ajuste dans les coulisses de même que les poupées ordinaires, & qui au lieu de pointe ont un trou bien rond, dans lequel on fait entrer le colet d'un arbre de fer, dont l'autre bout est soutenu par la pointe de l'autre poupée.

Cet arbre a 15 ou 18 pouces de longueur & eſt composé de cette maniere : Au bout, qui eſt appuyé contre la lunette, eſt une vis d'un fort gros pas, ſur lequel on monte à vis differentes boëtes de cuivre, dans leſquelles on fait tenir ferme des morceaux de bois, qui ſervent à placer les differentes pieces qu'on veut tourner. A l'autre bout de l'arbre on fait pluſieurs pas de vis de differentes groſſeurs & fineſſes, afin de pouvoir faire des vis ſur le tour aux ouvrages.

Environ au milieu de cet arbre eſt un mandrin ou poulie de bois, autour de laquelle eſt la corde. Pour que cet outil ſoit bien juſte & bien dreſſé, il eſt neceſſaire qu'il ſoit fait ſur le tour.

On peut rapporter ſur cet arbre pluſieurs autres pieces pour former ſur le tour des figures irregulieres, comme l'ovale, des roſes, des cœurs, des godrons, des colonnes torſes, &c. Toutes ces pieces ſont limées de la figure qu'on veut qu'elles faſſent, & ont un trou quarré au milieu, qu'on ajuſte à un quarré qui eſt vers le bout de l'arbre.

Quand les pieces ſont diſpoſées dans l'arbre, l'on met ſon bout qui eſt en pointe dans un petit trou qui eſt à la poupée, & l'autre bout eſt paſſé dans la lunette, qui eſt faite de maniere qu'il y a deux pieces qui font reſſort, qui appuie & repouſſe la figure, & par ce moyen fait avancer ou reculer l'arbre plus ou moins ſelon la figure, & c'eſt ce qui fait que l'outil de celui qui travaille donne la forme à l'ouvrage, qui s'en approche ou s'en éloigne ſelon que l'arbre approche on recule de ſa rencontre; car il faut toujours tenir l'outil ferme ſur l'appui. Comme on ne ſe ſert pas ordinairement de ces ſortes de figures pour les inſtrumens de mathematique, je ne m'étendrai pas davantage ſur cette maniere de tourner.

Le principal uſage de cet arbre eſt de ſervir à tourner des cercles en l'air, à faire des rainures dans les bouſſoles, & autres choſes ſemblables. Cela ſe fait en plaçant les pieces qu'on veut tourner ſur le bois qui tient aux boëtes dont nous avons parlé ci-devant, & qu'on ajuſte ſur le tour pour recevoir leſdites pieces.

Les appuis ou ſupports ſont auſſi diſpoſez ſuivant l'ouvrage qu'on veut faire, les uns ſur le devant, & les autres ſur le côté.

A l'égard des vis elles ſe forment en dedans comme en dehors de l'ouvrage, en faiſant entrer le pas qu'on ſouhaite dans une piece de bois taraudée du même pas, & qu'on place à la poupée qui porte le bout de l'arbre; on ajuſte à cette poupée autant de pieces taraudées qu'il y a de pas au bout dudit arbre. L'autre bout de l'arbre où eſt un colet d'une même groſſeur, entre juſte dans le trou de la lunette; alors appuyant avec le pied ſur la marche, cela fait avancer ou reculer l'ouvrage, de maniere que vous formez la vis ou l'écrou avec des fers à pluſieurs dents que l'on fait exprès, ſuivant les pas marquez ſur votre arbre.

Pour les outils à tourner on ſe ſert pour le bois, de gouges, de ciſeaux, de becs-d'âne, &c. Pour le cuivre ou autres metaux on ſe ſert de plus petits outils faits de bon acier trempé, comme gros burins pour dégroſſir l'ouvrage, des plates-bandes, d'autres pour faire des gorges rondes & des gorges quarrées, des fers crochus, des outils dentelez par le bout, d'autres dentelez par le côté pour former les vis, &c.

Voilà en partie les principaux outils avec ceux dont j'ai parlé dans le corps de l'ouvrage dont on ſe ſert plus communément. On pourra facilement ſuppléer aux autres, ſuivant le beſoin qu'on en aura.

Comme la plupart de ces outils doivent être faits par ceux qui s'en servent, je vais donner la maniere de bien choisir le metal propre à leur construction.

Le meilleur acier pour faire les outils vient d'Allemagne. Pour être bon il doit être sans pailles, veines noires, ni fourrures de fer; ce qu'on pourra connoître en le cassant, & voyant si le grain est bien fin & bien égal.

Il faut prendre garde en forgeant les outils ou autre chose, de ne pas brûler ni surchaufer l'acier, & le forger avec le plus de promtitude qu'il sera possible, car plus il est au feu, plus il se gâte

Pour tremper les outils, après qu'ils ont été forgez & limez, on les fait rougir dans le feu un peu plus que la couleur de cerise, après quoi on les trempe dans de l'eau de fontaine ou de puits; la plus froide est la meilleure. On ne retire l'outil qu'après qu'il est froid, & on lui donne un peu de recuit, c'est-à-dire, qu'on le met aussi-tôt sur une piece de fer chaud, jusques à ce que la blancheur qu'il a contractée par la trempe, vienne à se perdre en devenant de couleur jaunâtre, & alors on rejette promtement l'outil dans l'eau, sans attendre qu'il devienne bleu, parce qu'il perdroit sa force.

Pour tremper les limes en paquet & autres pieces que l'on fait de fer, on prend de la suie de cheminée, la plus dure & la plus grosse, qu'on met en poudre bien fine, & qu'on fait tremper dans de l'urine & du vinaigre, y ajoûtant un peu de sel fondu pour la rendre comme une pâte liquide.

Après que l'on a détrempé la suie on en couvre les outils, en faisant un paquet du tout, qu'on couvre ensuite de terre; on met le tout chaufer dans un feu ardent de charbon de bois, & quand il est un peu plus rouge que la couleur de cerise, on le jette dans quelque vaisseau plein d'eau très-froide, & l'ouvrage sera suffisamment dur.

Nous avons parlé ci-devant de la maniere de souder le cuivre ou l'argent l'un avec l'autre; il est bon de savoir que le fer se brase aussi l'un avec l'autre en mettant du laiton mince sur la piece qu'on veut braser, & du borax en poudre, & la couvrant de charbon de tous côtez, que l'on chaufe jusques à ce que l'on voie fondre & couler le laiton.

J'ai donné la maniere de faire la soudure d'argent, comme aussi celle de cuivre. On en fait une avec de l'étain qu'on met en grosse limaille avec une rappe, dans laquelle on y mêle une sixiéme partie de sel armoniac, avec de l'huile d'olive. Cette soudure est fort coulante, & est bonne pour les ouvrages qu'on ne veut pas trop chaufer.

Il est bon d'avertir qu'on ne doit pas battre ni forger le laiton jaune étant chaud, car il se casse. A l'égard du cuivre rouge il se bat à chaud & à froid, mais on ne s'en sert guére dans la fabrique des instrumens de mathématique, le cuivre jaune étant plus beau & plus propre pour ces ouvrages-là.

Le laiton se fait avec le cuivre rouge & la calamine, qui est une pierre qui donne la teinture jaune au metal; elle se trouve en France & au pays de Liége.

L'or & l'argent se battent & se forgent à chaud & à froid. Ils se fondent aussi à peu près comme le cuivre, mais pour dégraisser & séparer l'ordure de la limaille, on la met dans le creuset avec environ une dixiéme partie de salpêtre.

Les instrumens de mathématique se travaillent avec l'or & l'argent de la même maniere qu'avec le laiton.

FIN.

TABLE

DES LIVRES, CHAPITRES ET SECTIONS
Contenus en ce Traité.

Des instrumens les plus ordinaires.
LIVRE PREMIER.

Du compas de proportion.
LIVRE SECOND.

De plusieurs autres instrumens curieux qui servent au cabinet.
LIVRE TROISIE'ME.

Construction

De la construction & des usages des instrumens qui servent à la campagne.

LIVRE QUATRIE'ME.

De la construction & des usages de plusieurs differens niveaux pour la conduite des eaux, comme aussi des instrumens servans à l'artillerie.

LIVRE CINQUIE'ME.

De la construction & des usages des instrumens qui servent à l'astronomie.

LIVRE SIXIE'ME.

De la construction & des usages des instrumens qui servent à la navigation.

LIVRE SEPTIE'ME.

De la construction & des usages des cadrans au soleil, à la lune, & aux étoiles.

LIVRE HUITIE'ME.

De la construction de plusieurs instrumens de mathematique, de physique, & de machines differentes qui ont rapport à ce traité.

LIVRE NEUVIE'ME.

Fin de la Table des Livres & Chapitres.

ADDITIONS ET CORRECTIONS.

PAge 12 lig. 41 secantes, *ajoutez*, que vous trouverez pag 263—*Ibid.* lig. 48 soustractions, *ajoutez* : Voyez-en les exemples pag. 232 où le 2e terme des Analogies est ajouté au 3e, & de leur somme on soustrait le 1^r pour avoir au quotient le logarithme du 4e terme cherché, au lieu que par les nombres naturels on multiplie le 2e terme par le 3e, & le produit est divisé par le 1^r pour avoir au quotient le 4e terme cherché.—*Ibid.* lig. 49 Astronomiques, *ajoutez* : Pour avoir la racine quarrée d'un nombre naturel, divisez son logarithme en deux, la moitié sera le logarithme d'un nombre naturel qui sera la racine quarrée qu'on cherche, & le tiers du logarithme d'un nombre naturel sera le logarithme de sa racine cubique.—Page 83 lig. 28, *otez*, 15 minutes—Page 87 lig. 9 ouest, *lisez*, est—Page 96 lig. 27 ouvrage, *ajoutez*, principalement pag. 411.—Page 99 lig. 32 par 12, *ajoutez* : c'est ainsi qu'on trouve le solide d'un corps dont la base est connue.—Page 109 lig. 38 en B, *ajoutez* : Voyez encore une autre methode pag. 335 lig. 33.—Page 110, *ajoutez* après la 13e lig. USAGE XV. On mesure la superficie d'un quarré en multipliant sa longueur par elle même ; d'un parallelogramme en multipliant la longueur par sa largeur ; d'un triangle rectangle en multipliant la longueur de sa base par la moitié de la largeur de sa perpendiculaire ; d'un cercle, le diametre connu on en connoît la circonference qui est comme de 7 à 22, en multipliant la 4e partie de sa circonference par son diametre, ou la circonference par la 4e partie du diametre ; d'une ellipse en multipliant les deux diametres l'un par l'autre, & la racine quarrée de leur somme sera le diametre d'un cercle dont la superficie sera égale à la superficie de l'ellipse ; enfin d'une figure irreguliere en la réduisant en triangles interieurs comme pag. 106 Usage 8, ou bien exterieurs comme pag. 107 Usage 9, pour avoir la superficie de chacun d'eux en particulier, comme il va être enseigné, & de leur somme en connoître la superficie de la figure irréguliere donnée. Ayant donc mesuré tous les côtez de chaque triangle comme de celui LFK planc. 11 fig. 7 dans lequel LF est de 30 pieds, celui FK aussi de 30 pieds & celui LK de 40 pieds, vous en aurez la superficie en deux manieres.

Premiere maniere pour le contour. Ajoutez ensemble ces trois côtez, le total sera 100 pieds ; ôtez-en la moitié resteront 50 pieds, de ces 50 pieds ôtez-en l'un après l'autre les trois côtez pour avoir ces trois restes ou differences 20, 20 & 10, multipliez-les ensemble & la moitié précedente 50, c'est-à-dire multipliez 1° 20 par 20, 2° 400 produit de la 1re multiplication par 10, 3° 4000 produit de la 2e multiplication par 50, vous aurez le produit plan-plan 200000, dont la racine quarrée 447 pieds & un quart, sera l'aire du triangle LFK. Si on double l'aire de ce triangle on aura 894 pieds & demi pour l'aire d'un parallelogramme, dont tel côté de ce triangle qu'on voudra choisir sera la base, & par consequent si 894 pieds & demi double de l'aire du triangle LFK est divisé par la base LK 40 pieds, *par exemple*, le quotient donnera 22 pieds 4 pouces pour la hauteur de la perpendiculaire qui tomberoit de F sur LK. Pour avoir le point de cette perpendiculaire sur LK ; de 900 quarré du côté FK, ôtez en 500 quarré de 22 pieds 4 pouces hauteur de la perpendiculaire trouvée, resteront 400, dont la racine quarrée 20 donnera la longueur de K vers L au point où la perpendiculaire tombera de F sur LK. Ou bien :

Seconde maniere en reduisant ce triangle obliquangle à deux triangles rectangles, par une *pratique qui enseigne à tracer une perpendiculaire du sommet d'un angle obliquangle sur son côté opposé avec le seul cordeau & les picquets.* Ayant mesuré les trois côtez du même triangle LKF & choisi un côté comme ici LF de 30 pieds pour y faire tomber la perpendiculaire du point K qui est opposé à ce côté, multipliez 70 pieds somme des deux côtez LK 40 pieds, KF 30 pieds, qui comprennent l'angle d'où doit tomber la perpendiculaire, par 10 pieds difference de ces côtez ; le produit 700 de cette multiplication étant divisé par 30, valeur de la base LF, on aura au quotient 23 pieds un tiers, qu'il faudra ôter de LF depuis L vers F sous le plus grand côté LK, le reste de LF 6 pieds deux tiers étant divisé en deux également, c'est à ce point milieu que tombera la perpendiculaire à mener du point K sur LF lequel sera par consequent éloigné de L de 26 pieds deux tiers, & de F de 3 pieds un tiers ; alors le triangle obliquangle LKF sera reduit à deux rectangles par une perpendiculaire commune qu'on mesurera afin de trouver les superficies de ces deux triangles rectangles par la regle ci-dessus, leur somme donnera l'aire du triangle obliquangle LKF requise.

Si le côté qu'on prendra pour la base est plus petit que le quotient qui vient de la division, la perpendiculaire cherchée tombera hors du triangle par delà F sur LF vers G ; alors ayant pris la moitié de la difference qui est entre le quotient & le diviseur, c'est-à-dire, la base ; on la portera sur la base prolongée vers G, & où finira cette moitié, sera le point où tomberoit la perpendiculaire du point K.

Si on n'avoit pu mesurer la perpendiculaire marquée de K sur LF : Parce que le quarré de l'hypotenuse est égal à la somme des quarrez des côtez des triangles rectangles, il s'ensuit que si de 1600, quarré de l'hypotenuse LK, on ôte 727 quarré de la base 26 pieds deux tiers sous LK, la racine quarrée du reste sera 29 pieds 10 pouces pour la longueur de la perpendiculaire tombante de K sur LF.

Page 128 lig. 23 *après* exemples, *ajoutez* : En voici les regles principales.

Par la *regle generale & premiere.* 1° En tout triangle, si on connoît un angle & deux côtez dont un est opposé à l'angle connu, on connoît le reste du triangle ; voyez-en l'exemple page 284 lig. 8. 2° En tout triangle si on connoît deux angles & un côté opposé à un angle connu, on connoît le reste du triangle ; voyez-en l'exemple page 141 lig. 24.

Observez que les analogies donnent toujours l'angle cherché aigu, lequel doit être obtus s'il est opposé au plus grand côté du triangle, si d'ailleurs les deux autres angles n'en font pas ensemble un droit ; alors l'angle aigu trouvé est le complement de l'obtus.

Par la 2e *Regle.* En tout triangle rectangle les deux côtez faisans l'angle droit connus, on en connoît les deux angles aigus par cette analogie : comme le côté BC 47 pieds, planche 14 figure 2 ; est au sinus total....... ainsi le côté AC 33 pieds & demi est à la tangente de l'angle B ; le 4e terme cherché dans les tangentes repond à l'angle cherché B, dont le complement est l'angle A.

Par la 3e *Regle.* Les deux côtez d'un triangle rectangle donnez, on en trouve l'hypotenuse par l'exemple page 282 lig. 25 ; ou bien par la premiere regle ci-dessus, parce que l'angle opposé à l'hypotenuse est connu, puis qu'il est supposé droit.

Par la 4e *Regle.* En tout triangle rectangle, l'hypotenuse donnée & un côté, on trouve l'un des deux autres angles par la premiere regle ci-dessus & l'exemple page 284 lig. 39 ; ou bien ôtez du quarré de l'hypotenuse, le quarré du côté connu, la racine quarrée du restant donnera le côté cherché : voyez l'exemple en la maniere de mesurer une perpendiculaire inaccessible ci-dessus.

Par la 5[e] *Regle*. Dans un triangle obliquangle deux côtez donnez & l'angle qui les comprend, on connoît les autres angles, par l'exemple page 141 lig. 36 & suivantes.

Par la 6[e] *Regle*. Dans un triangle obliquangle, les deux côtez connus & l'angle qui les comprend, on trouve ainsi le 3[e] côté, cherchez les deux autres angles par la 5[e] regle & ensuite les côtez par la premiere.

Par la 7[e] *Regle*. Dans un triangle obliquangle les trois côtez connus, on en connoît tous les angles en le reduisant à deux triangles rectangles par une perpendiculaire qu'on imagine tomber du sommet d'un angle sur son côté opposé (ordinairement on choisit le plus grand) en sorte que dans le triangle obliquangle LKF planche 11 figure 7, l'angle L cherché devienne un des angles aigus du triangle rectangle LK & le point où tombera la perpendiculaire de K sur LF. Ce point se trouve par la *pratique* ci-dessus *de tracer une perpendiculaire*, *&c.* ou bien par cette analogie: comme le côté LF 30 pieds est à la somme des deux autres 70 pieds, ainsi la difference 10 pieds des deux mêmes côtez est à une 4[e] grandeur proportionnelle aux trois autres données laquelle sera trouvée de 23 pieds un tiers; on prendra ensuite la difference 6 pieds deux tiers entre cette 4[e] proportionnelle & le côté LF pris pour base; la moitié de cette difference qui est 3 pieds un tiers sera le côté du triangle KF & le point où finissent les 3 pieds un tiers depuis F vers L, c'est le plus petit des deux triangles rectangles qui composent tout l'obliquangle, & 26 pieds deux tiers font la base du grand triangle rectangle sous l'hypotenuse LK, depuis L jusqu'où la perpendiculaire coupe la ligne LF; cela étant fait on connoît les hypotenuses & les angles droits de chaque triangle rectangle. Ce qui suffit pour connoître les angles LF par la 1[re] regle ci-dessus, dont le complement est l'angle K.

Par la 8[e] *Regle*. Les angles d'un triangle obliquangle connus, on en connoît l'espece & la forme; mais on n'en sauroit connoître les côtez.

Page 138 lig. 45 l'autre bout, *lisez*, le bout—Pag. 139 lig. 4 le foyer du, *lisez*, le foyer anterieur du—*Ibid.* avec celui de, *lisez*, avec le foyer posterieur de—Pag. 156 lig. 3. talud, *ajoutez*; mais on le revêt d'une muraille élevée jusqu'au niveau de la campagne, ce qu'on appelle demi-revêtement, planche 16—Pag. 215 lig. 29 conservera, *lisez*, conserveront—*Ibid.* lig. 39 d'un, *lisez*, de deux—*Ibid.* lig. 45 des objectifs, *lisez*, de l'objectif—Pag. 239 lig. 20 N, *lisez*, *n*, —Pag. 250 lig. 1. de la bitacle, *lisez*, de l'habitacle—Pag. 255 lig. 4 *en remontant*, 24, *lisez*, 23 — Pag. 264 *lig. 6 des verticales entre les tables*, ôtez 2. *lisez*, ôtez de 2.—Pag. 266 lig. 31 DAB, *lisez*, DAE ... A & B, *lisez*, A & E: —Pag. 273 lig. 16 ductions, *lisez*, reductions—Pag. 289 lig. 34 AB, *lisez*, AN—Pag. 316 lig. 37 figure 2 de la planche 28, *lisez*, figure 1 de la planche 27.—Pag. 377 lig. 42 *après* 9[me], *ajoutez*, ou à l'*Errata*.—Pag. 396 lig. 40 GK, *lisez*, CK—Pag. 399 lig. derniere EE, *lisez*, FF—Pag. 412 lig. 14 DE, *ajoutez*, figure 28 bis.—Pag. 420 lig. 7 KEF, *lisez*, KE—*Ibid.* après la lig. 41 *ajoutez*: M[r] le Chevalier Newton dans son traité d'Optique donne un *moyen d'accourcir les telescopes* en cette maniere. Soit ABDC planche 35 figure M, un verre spheriquement concave par devant, AB, & convexe par derriere, CD, de sorte qu'il soit par tout d'une égale épaisseur, & de peur qu'il ne fasse paroître les objets colorez & confus. Du reste qu'il soit exactement travaillé, enduit de vif-argent par derriere, & enchassé dans le tuyau VXYZ, lequel doit être fort noir en dedans. Soit EFG un prisme de verre ou de cristal, placé près de l'autre extrémité du tube à égales distances de ses côtez, par le moyen d'une espece de manche de cuivre ou de fer FGK, dont le bout applati FG couvre un des côtez du prisme qui sera attaché avec du ciment. Soit ce prisme rectangle en E, ayant les deux autres angles en F & G exactement égaux l'un à l'autre; & par consequent demi-droits. Soient les côtez plans FE & GE quarrez; ce qui fera au troisiéme côté FG un parallelogramme rectangle, dont la longueur soit à sa largeur en proportion sou doublée de deux à un. Soit ce prisme placé de telle maniere dans le tube ou tuyau que l'axe du miroir, au verre concave ABDC puisse passer perpendiculairement par le milieu du côté quarré EF; & par conséquent par le milieu du côté FG, à un angle de 45 degrez. Soit le côté EF tourné vers le miroir; & soit le prisme à telle distance du miroir que les rayons de la lumiere PQ, RS, &c. qui tombent sur ce miroir en lignes paralleles à son axe, puissent entrer dans le prisme par le côté EF, & être réflechis par le côté FG, & de là en sortir par le côté GE, & aller au point T, qui doit être le foyer commun du miroir ABDC, & d'un verre oculaire plan convexe H, au travers duquel ces rayons doivent passer dans l'œil. Enfin, que les rayons au sortir de ce verre passent par un petit trou rond, fait dans une petite plaque de plomb, de cuivre ou d'argent, qui doit couvrir le verre, & n'être pas plus grand qu'il ne faut pour qu'une quantité suffisante de lumiere puisse passer à travers. Car cela même rendra l'objet distinct; parce que la plaque où l'on aura fait ce petit trou, interceptera toute la portion vague de lumiere qui vient des bords du miroir AB. Un tel instrument bien fait s'il est de six pieds de long (à compter sa longueur depuis le miroir jusqu'au prisme, & depuis le prisme jusqu'au foyer T) comportera à l'endroit où est le miroir, une ouverture de six pouces, & grossira les objets environ deux ou trois cens fois. Mais ici il est beaucoup plus avantageux de terminer l'ouverture par le moyen du petit trou placé vers H, que de la terminer par le moyen d'une plaque posée sur le miroir AB, & ouverte de Q en S. Que l'on fasse l'instrument plus long ou plus court, l'ouverture doit être en même proportion que le cube de la racine quarrée-quarrée de la longueur, & le pouvoir amplifiant en même proportion que l'ouverture. Mais il faut que le miroir soit du moins un ou deux pouces plus large que l'ouverture; & que le verre du miroir soit assez épais, pour qu'en le travaillant il ne se courbe point. Le prisme EFG ne doit pas être plus gros qu'il n'est necessaire; & le côté de derriere FG ne doit pas être enduit de vif-argent; parce que sans en être enduit, il réflechira toute la lumiere qui du miroir tombera sur lui.

Dans cet instrument les objets paroîtront renversez; mais on pourra les redresser en faisant les côtez quarrez EF & EG du prisme EFG, non plans, mais spheriquement convexes, afin que les rayons puissent aussi-bien se croiser avant que d'arriver au prisme qu'après entre le prisme & l'oculaire. Dans ce cas l'image sera un peu colorée, parce que les côtez convexes du prisme font l'effet d'un second oculaire; & la lunette doit aussi être plus longue pour donner lieu à l'image renversée qui se fait devant le prisme, aussi-bien qu'à la seconde image redressée qui se fait entre le prisme & l'oculaire, où l'image renversée étoit auparavant.—Page 421 lig. 16 experience, *ajoutez*: Il l'a faite, comme on la voit, planche 35 figure P. En laquelle BC, BC sont des miroirs paraboliques de plâtre, dont la concavité est dorée & brunie, leur plus grande ordonnée BC est d'un pied, & leur axe 18 lignes environ depuis l'ordonnée jusqu'à la surface concave. FF sont les foyers distans de six pouces de la surface concave, à l'un desquels est un charbon allumé, & à l'autre un paquet de poudre à canon, qui s'est enflammée sur le champ; quoique l'irrégularité inévitable des miroirs composez de telle matiere ait fait perdre plus des trois quarts des rayons réflechis parallelement. Il est hors de doute que tels miroirs de metal ou de verre étamé brûleroient à plus de vingt pieds.

FIN.

acheté et payer douze florins
le 14e. Septembre 1734.
par Berenger l'ainée

CONSTR
DE
MATHEM

inches | centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87	L*
-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17	a*
0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46	b*
0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42										

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams